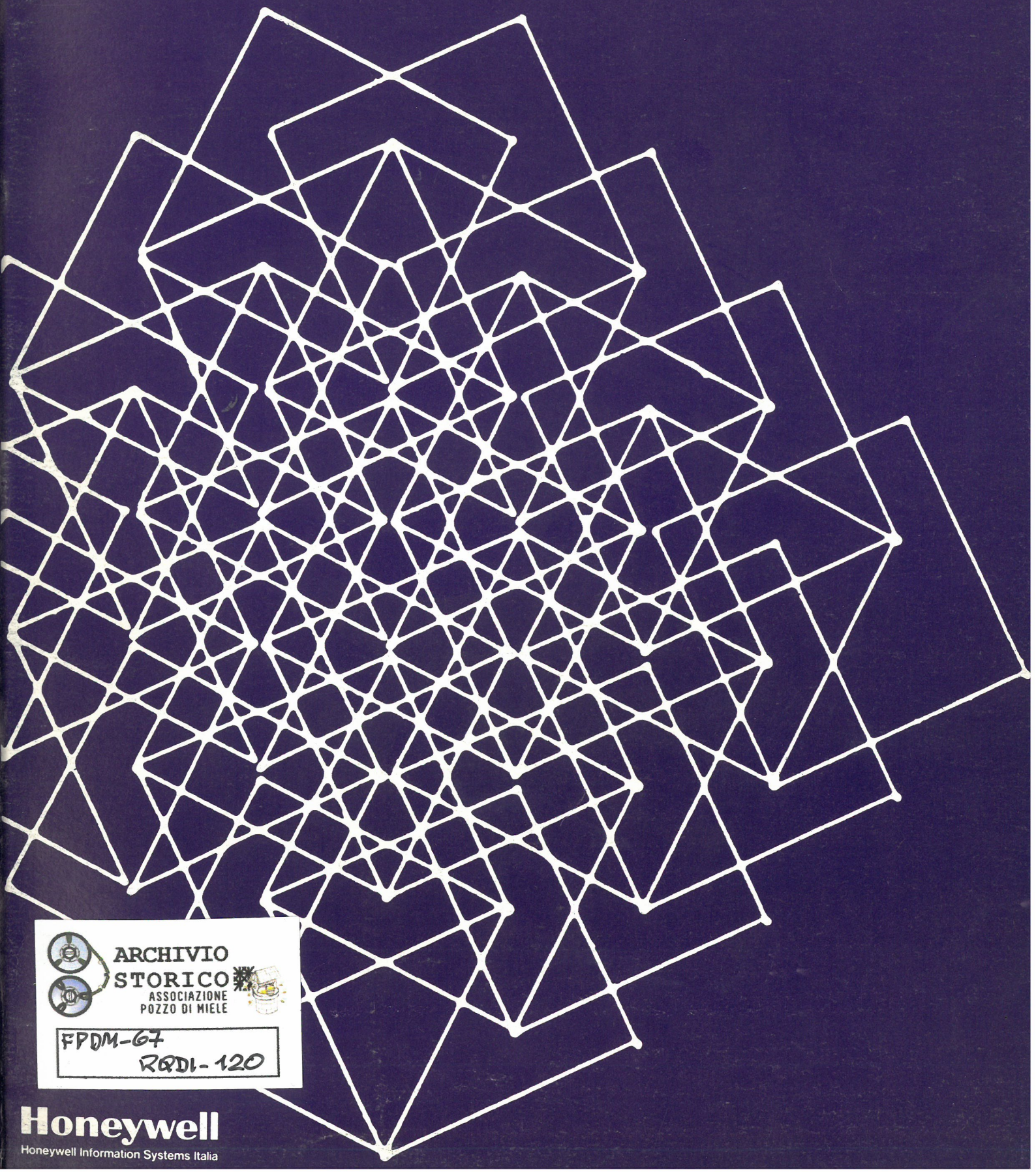
Quaderni di informatica 22

Rassegna di tecnologia ed applicazioni degli elaboratori elettronici – Anno XI – Numero 1 –1984



ARCHIVIO STORICO
ASSOCIAZIONE POZZO DI MIELE
FPDM-67
RQDI-120

Honeywell
Honeywell Information Systems Italia

Quaderni di informatica

Rassegna di tecnologia ed applicazioni degli elaboratori elettronici
Anno XI - Numero 1 - 1984

Sommario

Informatica e didattica

(La Redazione)

Applicazioni dell'elaboratore nella didattica: stato dell'arte e prospettive

L'articolo presenta una sintesi dell'impiego dell'elaboratore a fini didattici, mettendone in luce l'evoluzione concettuale, il progresso metologico e strumentale, le problematiche aperte e le prospettive di sviluppo

M. ITALIANI, G. OLIMPO

Metodologie e strumenti di sviluppo corsi nella didattica con elaboratore

L'impiego su ampia scala dell'elaboratore nella didattica dipende in buona misura dalla disponibilità di efficaci metologie e strumenti per lo sviluppo dei corsi. In questo scritto viene fatto il punto su questo aspetto fondamentale.

G. OCCHINI, M. GIANINO

L'elaboratore nell'insegnamento della fisica

Attraverso l'illustrazione di specifiche applicazioni nel campo della fisica, e utilizzando in particolare la possibilità di simulare esperimenti e situazioni reali, viene evidenziata la potenzialità didattica dell'elaboratore in tutto l'arco delle discipline scientifiche.

E. SASSI

L'elaboratore nell'insegnamento della geografia

L'Autore riporta i risultati di sperimentazioni effettuate nei dipartimenti di geografia di diverse università inglesi, che mostrano l'utilità e l'interesse dell'approccio.

L. SPARKS

L'elaboratore nella educazione musicale

L'impiego dell'elaboratore non si limita alle discipline scientifiche e tecniche ma può essere esteso utilmente a quelle umanistiche e artistiche. Un esempio è offerto dalla sperimentazione effettuata dagli autori nel settore dell'educazione musicale.

P. LORTON, W. KUHN

Aspetti formativi del metodo informatico

L'informatica non è solo uno strumento ausiliario per la didattica. Essa è anche un metodo di pensiero, utilizzabile in qualsiasi disciplina e settore dell'attività umana.

G. OLIMPO

Direttore Responsabile
F. Filippazzi

Comitato di Redazione
A. Cicu, C. Falcetti, P. Lupo,
M. Nobile, G. Occhini
G. Rapelli, F. Sala

Redazione
Honeywell Information Systems Italia
Centro di Ricerca e Progettazione
20010 Pregnana Milanese (Milano)

Stampa
tipolito Maggioni s.a.s.

Autorizzazione del Tribunale di Milano
n. 93 del 20 Marzo 1974

«Quaderni di Informatica» ospita articoli e contributi di varia provenienza. La responsabilità delle opinioni espresse rimane agli Autori.

La riproduzione di articoli della rivista, o di parte di essi, è consentita solo citando la fonte e l'autore.

INFORMATICA E DIDATTICA

Questo numero della rivista esce in veste monografica, essendo per intero dedicato alle applicazioni dell'elaboratore nella didattica.

Ciò è stato suggerito dal grande interesse che questo tema sta suscitando nei più svariati ambienti, nel mondo della scuola come in quello del lavoro.

Se non vi è dubbio che l'istruzione rappresenta la chiave di volta per guidare il mutamento tecnologico, economico e sociale in corso, è altrettanto vero che l'impostazione e le metodologie tradizionali risultano inadeguate di fronte alla dimensione attuale e prospettica del problema. Lo strumento nuovo e, sotto molti aspetti, risolutivo è rappresentato dall'elaboratore.

In effetti, l'elaboratore nella didattica non èuna novità assoluta; tuttavia, solo recentemente sono maturate le condizioni favorevoli per una sua effettiva utilizzazione. Ciò deriva non solo dai ben noti progressi della tecnologia, che hanno aperto l'era della elaborazione personale, ma anche dall'avvento di efficaci strumenti per lo sviluppo dei corsi, anche da parte di chi è del tutto privo di competenze informatiche.

In questo quadro si inserisce una recente iniziativa della Honeywell J.S.J., rappresentata dalla costituzione di un "Centro di informatica e didattica", avente come obiettivo la diffusione nel nostro Paese di una cultura sull'impiego dell'elaboratore a fini didattici nella Scuola, nell'Azienda e nella Pubblica Amministrazione. A tale scopo il Centro opererà in diverse direzioni quali la pubblicazione di rapporti e di testi, l'organizzazione di convegni, il coordinamento di ricerche e sperimentazioni, lo sviluppo di progetti.

L'impiego dell'elaboratore in un ambito così delicato quale è l'istruzione può suscitare interrogativi sul ruolo della macchina. L'elaboratore non è nè una alternativa al docente nè un banale sostituto del libro: esso è uno strumento di straordinaria flessibilità e potenza che si affianca alle soluzioni tradizionali, aprendo nuove dimensioni alla didattica.

Applicazioni dell'elaboratore nella didattica: stato dell'arte e prospettive

M. ITALIANI
Università di Milano

G. OLIMPO
Istituto di Tecnologie Didattiche del CNR Genova

1. INTRODUZIONE

L'impiego di tecnologie informatiche nella didattica è stato oggetto di studi e di consistenti sperimentazioni da oltre 20 anni con risultati in generale molto interessanti [9], [13].

Tuttavia non si può affermare che la diffusione di questo tipo di applicazione sia paragonabile a quella ottenuta dall'informatica in altri settori.

Le più recenti innovazioni tecnologiche e le loro conseguenze sui costi delle apparecchiature hanno però posto le premesse per l'avvio di un più rapido e sistematico sviluppo e pertanto c'è da aspettarsi che un vero e proprio "decollo" di questo settore, molte volte pronosticato nel passato e sempre rinviato, possa avere effettivamente luogo nei paesi industrializzati e in particolare anche in Italia.

Esistono, oltre ai fattori legati al costo dell'hardware, anche altri fattori che lasciano prevedere una progressiva crescita del ruolo dell'informatica nella formazione.

Dal punto di vista culturale la progressiva informatizzazione della società rende oggi più accettabile l'elaboratore come strumento didattico e la diffusa diffidenza di un tempo sta cedendo il posto all'interesse ed alle richieste di informazione e di formazione.

Parallelamente si stanno manifestando esigenze formative di tipo nuovo. L'era "tecnologica" in cui stiamo entrando sta scoprendo il bisogno di livelli superiori di formazione negli individui; inoltre, il bisogno di cultura sta aumentando, anche in relazione al miglioramento della qualità della vita. Appare chiaro che è possibile rispondere a questi nuovi bisogni solo con strutture nuove e con il ricorso all'uso della tecnologia, ed in particolar modo la tecnologia informatica e delle comunicazioni.

Questa forte innovazione che sta iniziando a manifestarsi è stata preparata da oltre un ventennio di ricerche, durante il quale sono state sperimentate varie modalità di interazione didattica tra elaboratore e discente e vari modi di inserimento dell'elaboratore nel processo didattico. Fra le modalità di interazione didattica più note possiamo citare:

- il tutoriale, consistente nella somministrazione di "quanti" di informazione alternati a domande di verifica dell'apprendimento o di attivazione. È la modalità d'uso più prossima all'istruzione programmata;
- le esercitazioni guidate (drill and practice), in cui l'elaboratore può generare e somministrare allo studente problemi individualizzati e guidarlo alla soluzione;
- la simulazione; in genere si indica con questo termine la simulazione numerica di modelli fisici o più generalmente di "ambienti" con cui lo studente può interagire al fine di indagare le caratteristiche di un modello o di acquisire confidenza e capacità operative relativamente ad una data situazione;
- la valutazione dell'apprendimento; tipicamente si tratta di valutazione formativa, rivolta all'individuazione delle carenze dello studente ed al loro recupero selettivo;
- i giochi, rivolti al riconoscimento dell'esistenza di una strategia ed alla sua individuazione.

In realtà l'evoluzione nel settore AED tende a superare questa classificazione. Da una parte il materiale didattico tende sempre più a integrare più modalità d'uso in uno stesso prodotto. Dall'altra stanno emergendo nuove strategie anche in relazione all'uso di tecniche di intelligenza artificiale ed alla diffusione dei sistemi esperti. È lecito supporre che le tradizionali strategie (tutorial, drill and practice, ecc.) avranno un ruolo sempre meno rilevante e lasceranno progressivamente il posto a quello che viene chiamato "imaginative software", software cioè in cui prevale l'inventiva ed il talento didattico piuttosto che l'adesione a modelli prefissati, capace di promuovere lo sviluppo della creatività e della socializzazione [22].

Per quanto riguarda il ruolo dell'elaboratore nel processo didattico è stata esplorata un'ampia gamma di

possibilità che vanno dall'uso dell'elaboratore per la gestione del processo didattico (Computer Managed Instruction o brevemente CMI) all'uso dell'elaboratore come strumento utilizzato dal docente nell'ambito di un corso tradizionale, all'uso dell'elaboratore per gestire, in modo più o meno autonomo, interi corsi.

A queste diverse modalità d'uso, sono state attribuite una quantità di denominazioni e sigle differenti. Citiamo fra le più note CAI (Computer Assisted Instruction), CBL (Computer Based Learning), CAL (Computer Assisted Learning), ecc.

Nel corso di questo lavoro utilizzeremo la sigla AED (Applicazioni degli Elaboratori nella Didattica), che risulta abbastanza generale per comprendere tutte le possibili applicazioni dell'informatica nella formazione.

Nel seguito di questo lavoro, verrà tracciata una panoramica delle linee evolutive delle AED dai primordi ad oggi e verrano date indicazioni sui probabili sviluppi futuri. Per chiarezza nel seguito sono considerate separatamente le tre componenti essenziali delle AED e cioé il materiale didattico (che nel seguito indicheremo con il termine "courseware"), l'hardware e il software di base per lo sviluppo di courseware anche se in qualche caso questa classificazione può apparire alquanto schematica.

2. COURSEWARE

Il courseware rappresenta un elemento centrale nel campo delle AED. Le applicazioni didattiche cominciano infatti nel momento in cui viene prodotto e/o utilizzato courseware. Soprattutto negli anni passati alcuni produttori di hardware e software di base per applicazioni didattiche tendevano a presentare, ai potenziali utenti, la tesi che quando si dispone di un buon sistema hardware/software di base le applicazioni didattiche sono facili da sviluppare e non pongono alcun problema. Oggi possiamo invece affermare che i maggiori problemi nel settore delle AED sono quelli inerenti alla produzione ed alla distribuzione del courseware.

A questo proposito non va trascurato il fatto che l'Italia è un paese che tende più a subire che a determinare la pressione di un mercato aggressivo come quello delle tecnologie informatiche. Pertanto la diffusione della capacità di produrre, valutare ed utilizzare criticamente courseware è essenziale al fine di prevenire o, almeno, arginare fenomeni di colonizzazione culturale.

Nel seguito verrano discussi separatamente i problemi della produzione, della distribuzione e dell'utilizzazione del courseware.

2.1. Produzione

Quali competenze occorrono per produrre courseware?

Agli inizi delle AED l'attività di produzione di courseware veniva pensata come coincidente in larga misura con la codifica. Questo spiega l'importanza che veniva attribuita a linguaggi-autore che consentissero un'agevole codifica anche da parte di autori inesperti di programmazione.

Gradualmente ci si rese tuttavia conto che la codifica era soltanto l'ultima fase del progetto di courseware. Alfred Bork fu tra i primi a proclamare l'esigenza di una netta separazione fra "progetto didattico" e sua implementazione [4], [3]; separazione che presentava un immediato risvolto operativo nella distinzione fra chi doveva sviluppare le specifiche didattiche di un prodotto AED, affrontando principalmente aspetti di natura didattica e metodologica, e chi doveva successivamente codificare quelle specifiche.

Oggi viene generalmente riconosciuto che per produrre courseware di buona qualità è necessaria una pluralità di competenze che, solo occasionalmente, possono coesistere in un unico autore:

- esperienza didattica relativamente ai contenuti oggetto del courseware che si vuole sviluppare; tale esperienza dovrebbe essere relativa al livello scolare a cui il courseware é destinato;
- approfondita conoscenza disciplinare relativa ai contenuti del courseware (non è detto che questa competenza coincida con quella di cui al punto precedente);
- competenze di natura metodologica (strutturazione dei contenuti, organizzazione del dialogo, verifica, ecc.);
- esperienza di programmazione e più generalmente di sviluppo di software; questo tipo di competenza può essere richiesta anche ad un considerevole livello professionale sia per la necessità di risolvere problemi di programmazione, a volte non semplici; sia per l'esigenza di ottenere programmi facilmente leggibili e modificabili;
- competenze nel campo della comunicazione grafica legate al fatto che nei dialoghi CAI si tende a fare uso sempre più generalizzato della grafica e, in prospettiva, del colore.

Queste competenze corrispondono a momenti diversi dello sviluppo del courseware. Da più parti è stato fatto uno sforzo per precisare quali sono questi momenti e come sono tra di loro interrelati. Tutte queste proposte (si veda per esempio [11], [19]) hanno la caratteristica comune di avere forti analogie con le moderne metodologie di sviluppo del software e di dare un forte rilievo alle cosidette "fasi alte" dello sviluppo di courseware, privilegiando il momento del progetto didattico rispetto a quello della sua implementazione su mezzi.

Un altro aspetto che sta acquistando sempre maggior rilevanza è quello della verifica o controllo di qualità del courseware; quella fase cioé in cui si verifica con appropriate prove se la fruizione del courseware produce il raggiungimento degli obiettivi didattici desiderati.

Questo approccio che vede fasi distinte della produzione di courseware opportunamente interrelate fra loro, ciascuna delle quali richiede specifiche competenze, richiama una modalità di tipo ingegneristico e potrebbe essere designato col termine "ingegneria del courseware".

In contrapposizione a questo, deve essere menzionato l'approccio che va sotto il nome di "prototyping". Esso tende ad accentuare maggior-

mente gli elementi creativi e professionali insiti nella figura dell'autore del courseware piuttosto che la sistemazione dell'attività di sviluppo; e la creazione di un prototipo viene vista come lo strumento con cui l'autore sviluppa e precisa i propri spunti creativi.

Un approccio del primo tipo richiama un modello di produzione industriale del courseware (esiste già un limitato numero di "courseware houses" negli Stati Uniti e in Francia) mentre il secondo sembra più legato ad una produzione del courseware di tipo editoriale centrato sulla figura di autore ed editore, analogamente a quanto avviene per i libri.

Quali risorse occorrono per produrre courseware?

Nella letteratura sono apparse numerose stime del numero di ore mediamente necessarie per produrre una "ora-studente" di courseware. Raramente queste stime forniscono valori fra loro concordi: si va da un minimo di 30 ore autore per 1 ora studente [15] ad un massimo di oltre 400 ore, che possono crescere ulteriormente nel caso di interazioni studente-calcolatore particolarmente sofisticate.

In realtà una semplice analisi rivela che questi valori non sono tra di loro confrontabili ed in alcuni casi non sono particolarmente significativi.

Spesso non è chiaro se questi dati si riferiscono a tutte le attività relative allo sviluppo o si riferiscono esclusivamente alle "fasi basse" (microdisegno, codifica, testing) del progetto di courseware. Questa mancanza di chiarezza è accentuata dal fatto che non esiste per il courseware un "ciclo di vita" generalmente accettato come nel caso del software.

Un altro fattore che rende queste stime difficilmente confrontabili è che il tempo di sviluppo dipende fortemente dal tipo di interazione che si realizza.

Il suggerimento che oggi appare più sensato è quello di diffidare di qualunque stima se troppo ottimistica e di effettuare la pianificazione dell'impegno richiesto per la produzione di courseware sulla base dell'analisi delle singole fasi della produzione e del tipo di prodotto che si vuole ottenere. I risultati possono variare di molto specialmente in relazione allo sviluppo di audiovisivi, materiale a stampa, uso di grafica, ecc.

Un altro fattore che può influenzare notevolmente i tempi di produzione è l'ambiente di sviluppo sia dal punto di vista dell'hardware che del software di base.

Fino a non molti anni fa si è sempre avuta una totale coincidenza tra ambienti di sviluppo e di fruizione: questi avvenivano tipicamente sullo stesso sistema time-sharing, con lo stesso tipo di apparecchiatura terminale. L'avvento dei personal computer ha fornito un hardware adeguato alle esigenze della fruizione ma, almeno per quanto riguarda i personal di oggi, insufficiente alle esigenze dello sviluppo. Chiunque abbia esperienza di sviluppo di courseware su uno dei vari personal computer basati sul "6502" può testimoniare delle difficoltà incontrate per le ridotte dimensioni della memoria, soprattutto periferica e per le carenze del software di base disponibile.

Da molte parti si è adottata la soluzione di differenziare l'ambiente di sviluppo e di fruizione grazie all'uso di opportune tecniche di portabilità [10], [28].

Ciò consente di utilizzare per lo sviluppo una maggior quantità di risorse di calcolo e di ricorrere a mezzi che agevolano l'implementazione del courseware (compilatori migliori, debuggers, editori grafici, ecc.). Questo tipo di approccio consente di incidere sensibilmente sulla implementazione e sulla messa a punto del courseware, fasi queste che tipicamente impegnano circa la metà dei costi di sviluppo.

Chi produce il courseware?

La maggior parte del courseware di interesse generale è stato fino ad oggi prodotto in ambienti universitari e di ricerca.

Il software prodotto da case costruttrici di hardware ha spesso obiettivi promozionali in relazione alla vendita dell'hardware e presenta di solito limitato interesse didattico.

I casi di courseware houses, sono per ora ancora abbastanza poco diffusi.

Difficilmente si può pensare che i docenti della scuola possano diventare in modo più o meno sistematico produttori di courseware.

Questo è particolarmente vero nella scuola italiana dove lo status dei docenti è tale da non promuovere la formazione delle competenze e l'investimento dei tempi necessari.

Anche per quanto riguarda l'Università, la ricerca e la produzione di courseware è stata fino ad oggi un fatto abbastanza poco diffuso, in buona misura per l'assenza di riconoscimenti sia di tipo accademico che economico a fronte di una attività estremamente impegnativa dal punto di vista del tempo e delle competenze.

La situazione è oggi in fase di rapido mutamento: il mercato del courseware sta iniziando a decollare anche in Italia e lascia intravedere una dinamica estremamente interessante per gli anni a venire.

Il meccanismo che per il momento sembra più promettente, almeno per quanto riguarda il courseware rivolto alla scuola e all'Università, sembra essere quello autore-editore. Esso infatti salvaguarda la paternità scientifica degli autori e garantisce una remunerazione proporzionale alla diffusione e al successo del courseware. Altri settori, come l'addestramento nelle aziende potranno forse trovare una sede più appropriata per lo sviluppo di courseware in strutture di tipo "courseware house".

2.2 Distribuzione

Negli anni passati la diffusione del courseware è sempre stata alquanto limitata e quasi mai tale da rendere produttivi i cospicui investimenti necessari per lo sviluppo. In realtà spesso più che una distribuzione si è avuto uno scambio, più o meno formalizzato, tra istituzioni scolastiche universitarie e di ricerca [20].

Una delle ragioni di questa limitata diffusione risiede nella limitata portabilità della maggior parte del materiale prodotto.

Questo fatto si è verificato puntualmente anche in Italia dove negli ultimi quindici anni i gruppi di ricerca operanti nel settore delle AED hano sviluppato numerosi prodotti [11] spesso molto interessanti dal punto di vista didattico. Questi prodotti hanno tipicamente avuto un'utilizzazione limitata e solo raramente sono stati portati in sedi geografiche diverse da quella di produzione, principalmente per ragioni legate ad incompatibilità hardware.

Negli Stati Uniti uno dei primi tentativi della CONDUIT di affrontare i problemi di portabilità fu quello di selezionare e distribuire soltanto courseware scritto in FORTRAN standard.

Tuttavia questo portò in un primo momento ad escludere proprio i prodotti più interessanti ed in particolare quelli che, facendo uso di grafica, erano legati ad un particolare elaboratore o ad un particolare terminale.

La diffusione dei personal computer ha portato ad un netto miglioramento della situazione: anche se non si può ancora parlare di portabilità vera e propria, tuttavia l'ampia diffusione di certi modelli di personal consente una buona diffusione dei prodotti su di essi sviluppati. Ciò ha spinto la CONDUIT a selezionare i personal più diffusi sul mercato americano ed a raccogliere, valutare e distribuire soltanto courseware in grado di girare su di essi [24].

Parallelamente, la creazione di UCSD Pascal, la sua implementazione su numerosi personal computer e la sua ampia diffusione hanno fornito uno standard di fatto che garantisce un ottimo livello di portabilità da un personal ad un altro. Per il momento la maggior parte del courseware che gira su personal computer è tuttavia scritto in BASIC e, come noto, non esiste per questo linguaggio uno standard generalmente accettato.

Un altro standard di fatto estremamente interessante è UNIX, sia per la sua indipendenza delle caratteristiche fisiche dell'hardware sia per la sua diffusione crescente. Di UNIX si parlerà ancora nel seguito; qui ci limitiamo ad osservare che è verosimile che, grazie alle sue proprietà sopra accennate, UNIX contribuirà in modo determinante alla soluzione dei problemi di portabilità.

Altre soluzioni al problema della portabilità, basate su meccanismi interpretativi sono state proposte da varie parti [10], [28], ma non hanno ancora una diffusione significativa. È infine necessario menzionare un altro aspetto della portabilità del courseware, che potremmo chiamare portabilità "didattica", in contrapposizione alla portabilità intesa in senso tradizionale che potrebbe essere designata col nome di portabilità "fisica".

La portabilità didattica è relativa alla possibilità insita in un prodotto di essere utilizzato in contesti didattici diversi da quello in cui il prodotto è stato sviluppato. Il problema è particolarmente rilevante e può ostacolare la diffusione del courseware in modo altrettanto serio che le incompatibilità hardware. In particolare esso è uno dei principali ostacoli allo scambio di software a livello internazionale attraverso semplici processi di traduzione.

Esistono varie modalità per migliorare la portabilità didattica del courseware fra cui lo svolgimento accurato delle "fasi alte" dello sviluppo e l'uso di tecniche che rendano un prodotto facilmente adattabile a contesti differenti mediante opportuni processi di "configurazione" (p. es. modularità, testi mantenuti per file separati facilmente manipolabili, ecc.).

Per quanto riguarda i meccanismi di distribuzione del courseware è già stato menzionato il ruolo degli editori e l'esistenza di "courseware houses".

Un'altra forma emergente di distribuzione di courseware è il cosidetto "telesoftware", cioé la distribuzione di software fatta mediante sistemi teletex. Un esempio interessante di telesoftware è stato realizzato all'interno del Progetto Nazionale Inglese MEP (Microelectronic Education Project) [17], [27]. Esso è legato al sistema teletex Prestel sul quale è stata costituita una banca di prodotti AED. L'utente accede a Prestel attraverso un personal computer dotato di una apposita interfaccia mediante la quale, oltre che esaminare il contenuto della AED, può richiedere di caricare un programma; questo gli viene immediatamente trasmesso e può successivamente essere utilizzato localmente sul personal.

La tariffa relativa al caricamento di courseware viene addebitata allo utente congiuntamente alle spese telefoniche. Analoghe applicazioni di tipo telematico sono in corso di sviluppo in Canada in connessione col sistema Telidon [5].

2.3. Utilizzazione

Contesti di utilizzazione.

Inizialmente si riteneva l'elaboratore applicabile con vantaggio principalmente, se non esclusivamente, in quei contesti didattici caratterizzati da un valore intrinsecamente elevato del rapporto docenti/studenti; o comunque si tendeva a valutarne l'applicabilità sulla base di una quantificazione precisa, in termini di costo, dei vantaggi (o degli svantaggi) di una fruizione basata sull'elaboratore rispetto ad una di tipo tradizionale.

Molte sperimentazioni, anche su grandi numeri, furono così rivolte all'insegnamento agli handicappati [16] o a minoranze sociali con problemi di emarginazione [15]; in alcune Università americane si sono avuti esempi di corsi frequentati da numeri molto ridotti di studenti per i quali il docente, troppo costoso, è stato rimpiazzato da corsi automatizzati da elaboratore (p. es. il corso di "old slavonic" alla Standard University).

Gradualmente, con la progressiva riduzione di costo dei microelaboratori e con le attuali prospettive delle tecnologie informatiche ci si è resi conto che l'elaboratore è destinato a divenire uno strumento didattico generalizzato sia per quanto riguarda la Scuola che l'Univerità.

Una stima basata anche sugli interventi progettati dal governo inglese, prevede che per il 1990 ogni scuola inglese disporrà di un elaboratore ogni 3-5 alunni, a seconda del tipo di scuola, incluse le scuole primarie [22].

Un altro aspetto che sta oggi emergendo è quello del cosidetto "home computer". È prevedibile che in futuro una parte significativa dei processi educativi avrà luogo sui personal computers di cui la maggior parte delle famiglie saranno dotate e che coloro che non ne disporranno saranno nettamente svantaggiati dal punto di vista educativo.

Ruolo didattico dell'elaboratore.

Si potrebbe classificare sommariamente la maggior parte delle esperienze AED degli anni '60 e '70 come applicazioni da cui traevano maggior beneficio gli studenti più svantaggiati e meno dotati. L'elaboratore era soprattutto orientato all'esercitazione e al recupero relativamente a capacità di base; e il courseware non era il più delle volte tale da stimolare lo sviluppo dell'intuizione o delle doti creative dello studente.

È interessante ricordare come nella vasta sperimentazione finanziata del Governo Federale nell'area di Chicago negli anni '70, una delle condizioni del finanziamento era che le scuole facessero accedere ai terminali solo studenti che fossero almeno un anno e mezzo indietro nel corso di studi [15].

Oggi la prospettiva di utilizzazione delle AED sta cambiando ed esse vengono orientate sempre meno al recupero, a costi accettabili, di individui svantaggiati. Sta invece gradualmente affermandosi l'idea che le AED possano essere uno strumento per migliorare la qualità della formazione di tutti, ed in particolare per promuovere lo sviluppo di capacità cognitive di alto livello (intuizione, creatività, capacità di apprendimento indipendente, ecc.). Vi sono diversi strumenti, alcuni ormai famosissimi come il LOGO, che puntano proprio in questa direzione. Ed è significativo osservare come sul mercato stia apparendo un numero crescente di giochi con una più o meno esplicita componente educativa.

Ruolo dei docenti.

Ci sono previsioni che la diffusione delle AED nella scuola e nell'università porterà ad una graduale modifica del ruolo dei docenti.

Essi passeranno probabilmente da "trasmettitori" di conoscenza, che operano interagendo con gruppi più o meno numerosi, a educatori che operano interagendo soprattutto con i singoli in modo individualizzato [26]. Naturalmente i docenti continueranno sempre a gestire attività di gruppo, ma certamente il rapporto fra il tempo impegnato interagendo con i singoli in modo individualizzato e quello impegnato in attività di gruppo è destinato a crescere in modo considerevole.

Addirittura ci sono previsioni che un buon sfruttamento delle tecnologie informatiche nella didattica sarà possibile solo aumentando il rapporto fra numero di docenti e numero di studenti [22].

Uno dei maggiori problemi che sempre più ci si troverà a dover affrontare è quello della formazione e dell'aggiornamento dei docenti. Non si tratta semplicemente di fornire loro un minimo di alfabetizzazione informatica e la conoscenza di qualche linguaggio di programmazione. Anche se queste cose sono necessarie, limitarsi ad esse può essere pericolosamente riduttivo. Il compito più importante e più difficoltoso è invece quello di sviluppare la capacità di utilizzare in modo creativo e didatticamente costruttivo le possibilità offerte dalla tecnologia informatica.

In alcuni paesi, soprattutto l'Inghilterra e la Francia, esistono cospicui stanziamenti e strutture funzionali orientate all'aggiornamento degli insegnanti in questo settore.

Tuttavia numerosi problemi legati alla struttura centralizzata del sistema scolastico italiano ed allo status giuridico ed economico degli insegnanti e soprattutto all'assenza di adeguate iniziative pubbliche, rendono ancora problematico l'avviamento di un processo di formazione ed aggiornamento degli insegnanti sufficientemente ampio ed efficiente.

3. Hardware

Le applicazioni AED si basarono quasi esclusivamente su sistemi time-sharing fino alla seconda metà degli anni '70, quando l'avvento dei microelaboratori e dei personal computer portò un radicale rinnovamento in questo settore.

Oggi, mentre l'influenza e la penetrazione dei personal stanno continuando a crescere, le AED stanno maturando un nuovo interesse per soluzioni di tipo misto che permettono di unire i vantaggi delle soluzioni centralizzate e di quelle distribuite.

Contemporaneamente i recenti sviluppi della tecnologia del videodisco lasciano prevedere un grande impatto nel campo AED: lo sposalizio fra personal computer e videodisco si prospetta come finale per realizzare quella integrazione fra AED e audiovisivi che è stata perseguita da oltre 20 anni con mezzi tecnologicamente inadeguati [30], [21].

Sistemi time-sharing.

L'uso di sistemi time-sharing presentava numerosi vantaggi relativi all'ampia disponibilità di risorse di calcolo ed alla possibilità di utilizzare mezzi di calcolo già esistenti e parzialmente destinati ad altre applicazioni. Grazie a quest'ultimi non erano necessari grandi investimenti per iniziare un'applicazione AED. Tuttavia la coesistenza di applicazioni AED con applicazioni di altro tipo presentava spesso inconvenienti sia di natura gestionale che didattica. Ciò portò alla creazione di sistemi dedicati alle applicazioni didattiche tra cui i più noti sono forse i sistemi IBM-1500, il PLATO ed il TICCIT.

Il sistema IBM-1500 fu il primo e, fino ad oggi, unico elaboratore costruito esplicitamente per scopi didattici. È interessante notare come questo sistema, il cui interesse è ormai esclusivamente di tipo storico, incorporasse già l'idea di istruzione multimediale. Infatti le stazioni-studente erano dotate, oltre che di video e di tastiera, di proiettori di immagini ad accesso casuale e di registratori di voce direttamente controllabili dall'elaboratore. Questa idea della sintesi fra l'audiovisivo e l'elaboratore continuò a suscitare ampi interessi senza trovare tuttavia soluzioni tecnologiche soddisfacenti sino alla comparsa del videodisco.

PLATO è forse il nome più noto nel campo delle AED. PLATO naque nel 1960 alla University of Illinois (Urbana) ed il suo sviluppo richieste ingenti investimenti [2]. Esso era basato, nelle sue versioni iniziali, su calcolatori commerciali di grande potenza e prevedeva la realizzazione di terminali specializzati, di un particolare hardware di comunicazione, e di un software di base dedicato all'applicazione didattica. Particolarmente noto è il terminale PLATO basato su un video a plasma che gli conferisce proprietà grafiche estremamente interessanti. Dopo la sua realizzazione come prototipo, il PLATO venne realizzato in versione commerciale e prodotto dalla CDC (la versione CDC prevede un terminale differente basato sulla tecnologia CRT).

Recentemente è apparsa sul mercato una versione di "MICROPLATO" consistente in una stazione-studente con capacità elaborative autonome.

Attualmente PLATO sta incontrando seri ostacoli alla sua diffusione a causa dei costi elevati (ne esistono circa una decina in tutto il mondo) e della concorrenza dei personal computer.

Il sistema TICCIT [6] fu sviluppato a partire dal 1961 dalla Mitre Corporation in collaborazione con la University of Texas. Esso combina minicomputer, televisione e tastiera, per realizzare un sistema di distribuzione a basso costo. Originariamente il televisore veniva interfacciato con l'elaboratore attraverso un dispositivo appositamente sviluppato. Il sistema presenta buone possibilità grafiche, incluso il colore, ma consente rispetto al PLATO un minore livello di interattività. A partire dal 1976 il TICCIT è stato commercializzato dalla Hazeltine Corporation.

Attualmente la configurazione originale di TICCIT è considerata superata, ma si ritiene che la tecnologia dei microprocessori e dei videodisco possano portare a nuove versioni migliorate del sistema originale e sono in corso ricerche su questo tema.

Alla categoria time-sharing, ma orientati a configurazioni hardware più economiche (mini e microelaboratori commerciali del tipo multiposto) appartengono anche i sistemi didattici promossi dal "National Research Council of Canada": il CAN-8 a partire dal 1974 e il NATAL dal 1979.

Il primo, in particolare, curato dall'OISE (Ontario Institut for Studies in Education), oggi ampiamente utilizzato sia nel mondo delle scuole canadesi che in quello aziendale nordamericano ed europeo, è stato sottoposto tra il 1980 e il 1982 ad un programma di valutazione approfondito, che non ha, forse, precedenti per dimensioni e sistematicità, nell'ambito della AED.

Il progetto CARE (Computer Assisted Remediation and Evaluation) si è infatti esteso a 20 scuole Secondarie dell'Ontario per un totale di oltre 3000 studenti, con risultati notevolmente positivi dal punto di vista della efficacia didattica e della accettabilità degli strumenti di AED [31] da parte degli studenti.

Personal Computer.

La comparsa sul mercato dei personal computer ebbe un notevolissimo impatto nel campo delle AED. Il personal presentava infatti rispetto ai sistemi time-sharing numerosi vantaggi tra cui basso costo, maggiore disponibilità, possibilità di crescita e di investimenti graduali, ecc.

Per queste ragioni i personal furono accettati con entusiasmo da parte di molti educatori anche se non mancavi chi vedeva nella limitatezza delle risorse di calcolo disponibili su un microelaboratore – in particolare le ridotte dimensioni degli archivi – un serio ostacolo ad una loro utilizzazione nella didattica interattiva.

Gli entusiasmi prevalsero ed iniziò una vasta diffusione di personal computers nel mondo delle scuole e della formazione che prosegue tuttora. In alcuni paesi, fra cui la Francia [18] e l'Inghilterra [14], questa diffusione è pilotata da appositi progetti governativi. È stata anche sviluppata una notevole quantità di courseware, la maggior parte in lingua inglese, anche se, come già osservato, ve ne è molto di scarso interesse didattico.

Come si è già detto, i personal computer di oggi presentano alcune limitazioni che appaiono particolarmente gravose nella fase di sviluppo del courseware, mentre sono nella maggior parte dei casi adeguati per quanto riguarda la fase di fruizione. Ciò ha portato in diversi casi ad ottenere soluzioni miste [28], [10] in cui lo sviluppo del courseware viene effettuato su macchine di potenza di calcolo adeguata. Il prodotto, dopo la messa a punto, viene trasferito per la fruizione al personal computer prescelto.

Questo tipo di soluzione può avere un valore puramente transitorio in attesa di personal così potenti che si possa effettuare senza problemi anche lo sviluppo di courseware. Può invece avere una sua prospettiva autonoma nel caso si arrivi alla realizzazione, a cui si è già accennato, di "environments" per la produzione del courseware dotati di un insieme più o meno ricco e complesso di strumenti software per supportare l'autore nelle varie fasi dello sviluppo [12].

Al di là dei personal computers.

L'uso di personal computer nella fruizione di courseware può presentare due inconvenienti relativi all'assenza di archivi centralizzati di adeguata dimensione:

- difficoltà di raccolta di informazioni relative alla interazione studente-elaboratore;
- assenza di una banca centralizzata di courseware.

Il primo punto si traduce nella difficoltà di fornire al docente una traccia dell'avanzamento dello studente, cosa che può essere importante specialmente in processi di apprendimento che usano una interazione di tipo "direttivo", quali tutorial, valutazione ecc.

Il secondo punto implica per ciascun posto-studente la necessità di gestire archivi "off-line" di floppy disk e rende comunque difficile l'aggiornamento del courseware.

È possibile fin d'ora intravvedere una soluzione a questi problemi. La configurazione hardware utilizzata dalle applicazioni AED di domani punterà probabilmente su archivi

centralizzati di ampie dimensioni e su posti-studenti a basso costo e con grande potenza di calcolo locale. Già oggi esistono esempi che approssimano questo tipo di configurazione. Da una parte vi è la possibilità di utilizzare sistemi hard-disk condivisi da più personal e dall'altra si vanno diffondendo sempre più i sistemi di microelaboratori a più utenti. In particolare questi ultimi si prospettano assai promettenti per le applicazioni AED (vedi i sistemi CAN-8 e NATAL già precedentemente citati).

Un'altra approssimazione "telematica" del modello sopra accennato, è il già citato sistema di tele-software operante su Prestel che utilizza gli archivi centrali del Prestel per l'archiviazione del courseware e microelaboratori locali per la fruizione. Il collegamento micro-Prestel avviene soltanto per il caricamento del courseware e la fruizione viene gestita localmente in modo autonomo.

È interessante menzionare anche il progetto canadese [5], [28]. Esso prevede il collegamento del Natal (il sistema CAI nazionale canadese) con il Telidon (uno dei sistemi teletex nazionali) in modo da rendere accessibili le pagine teletex da Natal. In questo modo l'archivio centralizzato del Telidon può essere sfruttato dalle applicazioni Natal distribuite su vari elaboratori.

Videodisco.

I grandi vantaggi che il videodisco offre rispetto agli altri audiovisivi lascano prevedere una sua utilizzazione nel campo delle AED quasi certamente su scala assai ampia.

Quando un lettore di videodisco è interfacciato con un microelaboratore, ne risulta una "stazione-studente" multimediale assai potente. Il videodisco può infatti contenere fino a 108.000 immagini statiche o sequenze dinamiche per una durata complessiva di 30'. Esso dispone di due canali audio utilizzabili quale commento alle sequenze dinamiche. Inoltre è in fase di sviluppo la possibilità di avere commenti audio anche sulle immagini statiche fino ad una durata massima di 20'.

Tutto questo materiale è accessibile in modo casuale e può essere controllato direttamente dall'elaboratore.

Esistono già sul mercato dispositivi che consentono di interfacciare i più comuni microelaboratori con riproduttori di videodisco. Sono in corso ricerche ed esperienze che prevedono sia l'utilizzazione di due schermi, uno per il riproduttore di videodisco ed uno per il microelaboratore, sia di uno schermo unico. A parte le considerazioni di costo e le difficoltà di ordine tecnico, sarà necessaria una certa quantità di sperimentazione per determinare la configurazione di una stazione-studente più favorevole dal punto di vista didattico ed ergonomico.

Uno dei maggiori problemi che oggi si prospettano per quanto riguarda l'utilizzazione didattica del videodisco riguarda la produzione del disco. I costi di produzione del master sono dell'ordine di 5.000 $ e possono diventare trascurabili quando si produce un adeguato numero di copie di uno stesso disco.

Decisamente più seri sono i problemi relativi al reperimento ed alla organizzazione delle immagini ed alla confezione del pre-master, anche perché il materiale grafico originale, che può risiedere su diversi supporti (diapositive, film, videotape, microfiches, ecc.), deve essere assemblato nella corretta sequenza su nastro da 2 pollici, il che richiede costose attrezzature non standard di videoregistrazione.

4. Software di base

Sino agli albori delle applicazioni degli elaboratori nella didattica si è assistito ad una contrapposizione fra due opposte tendenze per quanto riguarda il software di base: da una parte l'uso di linguaggi e sistemi operativi standard, non dedicati ad applicazioni didattiche e, dall'altra, il ricorso ai cosiddetti linguaggi-autore e più in generale ai cosidetti "sistemi CAI", sistemi cioé in grado di fornire un complesso di funzioni per facilitare all'autore lo sviluppo di courseware e per agevolare la gestione del processo didattico.

I sostenitori della opportunità d'uso di un linguaggio autore sottolineavano, quali punti a favore di questa scelta, la facilità con cui gli autori possono familiarizzarsi con l'uso delle funzioni del linguaggio, particolarmente progettate su esigenze didattiche, e la non necessità per gli autori di una approfondita competenza in informatica. I sostenitori dell'opportunità dell'uso di linguaggi evoluti di tipo generale si richiamavano invece alla maggiore portabilità rispetto ai linguaggi autore e alle maggiori capacità computazionali e grafiche.

Vi sono a questo proposito alcuni dati interessanti citati nell'edizione del 1976 dell'Index of Computer Assisted Learning [29]. A quell'epoca risultava che il 60% del courseware esistente era scritto in linguaggio di tipo generale (FORTRAN, BASIC, APL, ecc.); era inoltre riportata l'esistenza di ben 63 differenti linguaggi autore. La situazione è certamente variata rispetto al 1976: da una parte la diffusione dei microelaboratori ha certamente portato ad un aumento della percentuale di courseware scritta in liguaggi generali ed in particolare in BASIC; dall'altra è certamente aumentato il numero di nuovi linguaggi e sistemi dedicati. In quest'ultimo settore la situazione è particolarmente confusa per l'assenza di standardizzazioni e l'esistenza di più "dialetti" di uno stesso linguaggio; mentre nel campo del software di base non dedicato stanno emergendo alcune interfacce standard particolarmente interessanti come UCSD Pascal e UNIX mentre si profila all'orizzonte lo standard di ADA.

4.1 Linguaggi e sistemi autore

Dalla comparsa dei primi linguaggi dedicati alle AED si è andato modificando e chiarendo lo spettro di esigenze a cui un linguaggio autore dovrebbe fare fronte. Le componenti più rilevanti di questa evoluzione riguardano le possibilità computazionali e la grafica.

Possibilità computazionali.

I primi linguaggi autore, ed in particolare quelli sviluppati dalle case costruttrici hardware, erano legati a strategie di insegnamento basate essenzialmente sull'istruzione pro-

grammata e risentivano in qualche misura dell'influenza delle "macchine per insegnare" degli anni '50. Essi essenzialmente fornivano possibilità di presentazione di informazione alfanumerica, di analisi di tipo più o meno standard delle risposte, di indirizzamento del controllo e di manipolazione dei file studente.

Qualunque necessità computazionale non riconducibile a queste era vista come occasionale e, quando era possibile, richiedeva operazioni complesse da parte dell'autore quali p. es. la costruzione e il "linkaggio" di programmi scritti in un linguaggio di programmazione generale (FORTRAN, ASSEMBLER, ecc.).

Affrontare comuni problemi matematici quali la risoluzione di semplici equazioni algebriche o differenziali, poteva in questi casi costituire una seria difficoltà.

Oggi sembra prevalente l'orientamento che un linguaggio autore non debba essere legato in particolare ad alcuna strategia didattica e debba invece fornire all'autore un insieme di istruzioni computazionalmente completo al pari di un linguaggio di programmazione di tipo generale; oltre a questo sono necessarie all'autore un certo numero di funzionalità specifiche dell'applicazione didattica (p.es. analisi standard delle risposte, manipolazione dei file studente ecc.) al fine di ottenere una ragionevole efficienza nel processo di produzione del courseware. Linguaggi dedicati che approssimano questa filosofia sono, per esempio il CAN-8, il NATAL (diventato il linguaggio nazionale canadese per lo sviluppo del courseware) e il COMMON PILOT (edizione rimodernata del PILOT per microelaboratori).

Grafica.

L'uso della grafica ha acquistato un'importanza via via maggiore nello sviluppo di courseware [25]. La maggior parte del courseware sviluppato negli anni '60 e in parte '70 prevedeva una interazione di tipo puramente alfanumerico in parte anche a causa degli ostacoli di tipo tecnologico dei costi elevati dell'hardware per la "computer graphics". Oggi che la tecnologia ha messo a disposizione a costi ridotti una grafica di qualità adeguata alla maggior parte delle applicazioni didattiche, l'uso della comunicazione grafica sta acquistando una rilevanza sempre maggiore nel campo delle AED, sia per quanto riguarda la grafica interattiva, sia più generalmente l'uso dell'immagine (audiovisivi, videodisco).

Questa soluzione ha avuto ovvio riflesso anche sui linguaggi-autore. Tutti i più recenti linguaggi autore, specialmente quelli connessi all'uso di mini e micro computers, sono dotati di editor grafici più o meno sofisticati (p. es. il CAN-8, il COMMON PILOT, ecc.). Parallelamente stanno nascendo linguaggi specializzati per la confezione di materiale teletex [5] sia in relazione ad applicazioni didattiche che generali.

È prevedibile che, con lo sviluppo della tecnologia, saranno presto disponibili a basso costo microelaboratori con possibilità grafiche assai interessanti in termini non solo di dettaglio e colore ma anche di animazione. Ciò richiederà lo sviluppo di software di base adeguato a favorire un agevole sfruttamento di queste possibilità ed in particolare la realizzazione di editor grafici potenti e semplici da utilizzare.

4.2. Software di base non dedicato

Quasi tutti i linguaggi di programmazione sono stati utilizzati per la scrittura di courseware. Si è già visto che molto courseware era stato scritto in FORTRAN al punto che la CONDUIT aveva deciso, in un primo momento, di distribuire solo programmi scritti in FORTRAN standard. BASIC e APL sono stati anche ampiamente utilizzati; alla University of California - Irvine è stata prodotta una notevole quantità di courseware utilizzando l'Assembler della Xerox attrezzato con opportune macro; esistono numerosi esempi di codifica LISP di applicazioni che prevedono l'uso di tecniche di intelligenza artificiale. L'elenco dei linguaggi utilizzati potrebbe ancora proseguire; tuttavia quello che ci interessa osservare è che da quando è iniziata la diffusione dei personal computers è aumentata in modo notevolissimo l'utilizzazione del BASIC e, in minor misura, del Pascal.

La ragione della larga utilizzazione del BASIC è in parte tecnologica ed in parte culturale. Il BASIC è l'unico linguaggio presente su tutti i personal sia pure in dialetti fra loro diversi. Data l'estrema semplicità del linguaggio sono stati realizzati interpreti BASIC anche su microelaboratori di dimensioni e costo assai limitati.

Quindi l'uso del BASIC è stato ed è tuttora in molti casi, un efficace strumento per ottenere una buona diffusione del courseware prodotto.

L'altra ragione della larga utilizzazione del BASIC risiede nella sua semplicità. Esso può essere facilmente appreso e utilizzato senza specifici prerequisiti e, rispetto ad altri linguaggi più evoluti come p. es. il Pascal, richiede un minore livello di astrazione concettuale. Per queste ragioni il BASIC è considerato, soprattutto nel mondo dei non specialisti in informatica, come uno strumento ideale per la programmazione dei microelaboratori.

Tuttavia il BASIC, nonostante la sua diffusione e le simpatie di cui è oggetto, è ben lontano dall'essere un linguaggio ideale per lo sviluppo del software ed in particolare per lo sviluppo del courseware.

Fra le ragioni principali possiamo citare le limitazioni dei meccanismi di astrazione funzionale e dei dati, l'assenza di adeguate strutture di controllo, le limitazioni sugli identificatori, ecc. Tutti questi fattori si traducono in un appesantimento del lavoro del programmatore e in una leggibilità assai scarsa dei programmi prodotti.

L'uso del Pascal consente il superamento di tutti questi inconvenienti e offre il vantaggio di un livello di standardizzazione molto migliore. In particolare l'UCSD Pascal è implementato su numerosi microelaboratori e, come già osservato, offre un ottimo livello di portabilità.

Nonostante questi fattori, il PASCAL è assai meno utilizzato del BASIC per la scrittura di courseware. Esso infatti richiede un hardware più costoso rispetto al BASIC ed è assai meno noto soprattutto negli

ambienti di non specialisti in informatica. Entrambi questi ostacoli sono tuttavia destinati a perdere di importanza in tempi brevi.

Da una parte lo sviluppo della tecnologia fornisce hardware sempre più potente a costi sempre più bassi; già oggi esistono sul mercato macchine dotate del PASCAL a costi estremamente interessanti, ed entro pochissimo tempo il costo dell'hardware non costituirà più ostacolo all'uso del PASCAL.

Da un punto di vista culturale i tempi saranno certamente più lunghi. Tuttavia la cultura informatica sta progredendo sicuramente verso l'uso di linguaggi strutturati come il PASCAL e, in prospettiva, di ADA.

Quindi, anche per quanto riguarda lo sviluppo di courseware, tutto fa pensare che l'uso del BASIC si ridurrà gradatamente a favore di questi linguaggi più moderni.

Fino ad ora si è discusso dell'uso di diversi linguaggi di programmazione. È necessario osservare che anche il sistema operativo utilizzato è rilevante in quanto nella sua interfaccia con il linguaggio sta una delle chiavi della portabilità del software. ECSD Pascal, a cui si è già accennato, offre un ottimo livello di portabilità proprio per il fatto che non è semplicemente un compilatore ma un sistema di programmazione completo.

Il sistema operativo UNIX a cui si è già accennato, sta oggi acquistando una diffusione sempre maggiore e si presenta estremamente interessante per quanto riguarda lo sviluppo di courseware. Esso da un parte garantisce un elevato livello di portabilità e dall'altra mette a disposizione un ambiente di sviluppo estremamente ricco. Oltre a ciò va detto che UNIX sarà probabilmente il sistema operativo dei personal computer e dei "multi-micro" di domani. Per queste ragioni è lecito prevedere che l'utilizzazione di UNIX come ambiente di sviluppo e di fruizione di courseware andrà rapidamente crescendo.

5. Conclusioni

Si è visto nelle analisi svolte che le Applicazioni degli Elaboratori nella Didattica stanno gradualmente passando, da una fase di sperimentazione e di utilizzo a contesti particolari, a una fase di di diffusione generalizzata.

I principali fattori trainanti di questa evoluzione sono il rapido sviluppo tecnologico, la pressione del mercato e le nuove esigenze emergenti della società moderna.

È prevedibile che la diffusione delle AED nei diversi contesti formativi diventerà sempre meno un fatto di scelta fra alternative possibili e sempre più un fatto di necessità, reso più impellente da pressioni esterne al mondo dell'educazione.

In questo contesto si rende quanto mai necessaria, anche in Italia, qualche forma di pianificazione e orientamento del processo di diffusione delle tecnologie informatiche nell'educazione. Già da diversi anni esistono in vari paesi, primi fra tutti l'Inghilterra e la Francia, piani nazionali nel settore che stanno iniziando a dare frutti interessanti. In Italia non esiste per il momento alcuna iniziativa di questo tipo, nonostante la forte domanda espressa dalla classe docente e le preoccupazioni espresse dagli esperti del settore.

Le iniziative esistenti sono spesso circoscritte e scorrelate le une dalle altre e gli sforzi di coordinamento delle attività scientifiche e di diffusione di formazione sono spesso iniziative autonome di ricercatori del settore.

È auspicabile che a questa carenza venga quanto prima posto rimedio, eventualmente con la creazione di strutture pubbliche appropriate di cui non mancano esempi in altri paesi.

6. Ringraziamenti

Gli autori ringraziano la Prof.ssa Elena Sassi dell'Università di Napoli per i suggerimenti e i contributi forniti per la stesura di questo lavoro.

7. Bibliografia

[1] AICA - AED. L'elaboratore nella Didattica: elenco degli Enti e del Materiale prodotto, 1980.

[2] Avner, R.A. PLATO evaluation report. Cost and planning estimates for CBE operations. Internal report, Computer-based Educational Research Laboratory, University of Illinois, Urbana, 1978.

[3] Bork, A. Interactive learning, *American journal of Physics,* January 1979, 47, 5-10.

[4] Bork, A. The physics computer development project, *EDUCOM Bullettin,* 1975, 10, 14-19.

[5] Brahan, I.W., Godfrey, D., A marriage of Convenience: Videotex and Computer Assisted Learning, *Computer & Education,* vol. 6, No. 1, pp. 33-38, 1982.

[6] Bunderson, C.V. Response from TICCIT. *Education Technology,* April, 1978, *18,* 40.

[7] Coates, J. A pilot Telesoftware service for Education, *Int. Journal Man-Machine Studies,* vol. 17, No. 1, luglio 1982, 23-32.

[8] C.R.A.I. - Università della Calabria, Progetto di ricerca e sperimentazione per l'avvio di corsi di laurea con sistema di Insegnamento Integrato Multimediale a Distanza, Documento interno.

[9] Edwards, J., Norton, S., Taylor, S., Weiss, M., & Vam Dusseldorp, R. How effective is CAI? A review of the research, *Education leadership,* November, 1975, 33, 147-153.

[10] Ferraris, M. Frisiani, A., Midoro, V., Olimpo, G. COMES: Un approccio alla portabilità del software didattico, *Rivista di Informatica,* suppl. No. 3 (1979).

[11] Ferraris, M., Midoro, V., Olimpo, G., Software design and instructional system design: an unifying approach, in Applied System Research and Cybernetics, G.E, Lasker ed., (Pergamon Press, 1981).

[12] Ferraris, M., Midoro, V., Olimpo, G., Verso la progettazione assistita da calcolatore di materiale CAI, atti del Convegno AICA (Pavia, 1981).

[13] Fletcher, J., Suppes, P. & Jameson, D. A Note on the effectiveness of computer-aided instruction. Stanford, Ca: 1972. (ERIC Document Reproduction Service No. ED 071 450).

[14] Gilbert, A., Microelectronics in Education: two type of Innovation, two strategies, *Int. Journal Man-Machine Studies,* vol. 17, pp. 3-14, 1982.

[15] Hallworth, H.J., Brebner, A., Computer Assisted Instruction in Schools: Achievements, Present Developments and Projection for the future, Rapporto Interno, Univesity of Calgary, Faculty of Education, 1980.

[16] Hallworth, H.J., Brebner, A., CAI for the developmentally handicapped: Nine years of progress, atti di "1980 Conference of the Ass. for Development of Computer Based Instructional System", 1980.

[17] Kearsley, G.P. The cost of CAI: a matter of assumption. *Association for Educational Data Systems Journal,* Summer, 1976, 10, 109.

[18] Krakowsky, a. The S.N.E.S. and informatics in education, atti di 3rd Word Conference on Computer Education, Losanna, 1981.

[19] Kurz, B.L., Bork, A., An SADT Model for the production of Computer based Learning Material, in Computers in Education, R. Lewis and E. Tagg eds., (North Holland, 1981).

[20] Mason, R.E.A. (Ed.). Exchange of CAI courseware. *Report of the National Research Council Associate Committee on Instructional Technology,* Ottawa, 1980.

[21] Merrill, P.F. & Bennion, J.L. Videodisc technology in education: the current scene. *National Society for Performance and Instruction Journal,* November, 1979, 18-26.

[22] Mills, G.M., Stornier, T.T., Trends and prospects for Microcomputer-based education, *Int. Journal Man-Machine Studies,* vol. 17, No. 1, luglio 1982, 143-148.

[23] Muter, P., Trearnier, W. Phillips, D., Computer aided learning and Videotex, *Proceeding of the third Canadian Symposium on Instructional Technology,* 1980.

[24] Pipeline, rivista della CONDUIT, Iowa City.

[25] Skyrme, D.J. The Evolution of Graphics in CAL, *Computer & Education,* vol. 6, No.1, pp. 13-24, 1982.

[26] Stornier, T.T., Changes in western society: educational implications, in World Yearbook of education, Shuller, T. and Megarry, J.eds., (Kogan Page, 1979).

[27] Thompson, V. PRESTEL and education: a report of a one-year trial, *Int. Journal of Man-Machine Studies,* vol. 17, No. 1, 1982, 15-22.

[28] Van Der Mast, C., A portable program to present courseware on microcomputers, *Computers & Education,* vol. 6, No. 1, pp. 38-44, 1982.

[29] Wang, A.C. (Ed.). Index to computer based learning, University Of Wisconsin-Milwaukee, 1976.

[30] Wooley, R.D. Microcomputers and vidoediscs: new dimension for computer-based education, *Interface Age,* December, 1979, 78-82.

[31] CARE (Computer Assisted Remediation and Evaluation Project), Ontario Ministry of Education, April 1980.

Metodologie e strumenti di sviluppo corsi nell'apprendimento assistito dall'elaboratore

G. OCCHINI
M. GIANINO

Centro Informatica e Didattica
Honeywell Information Systems Italia
Milano

1. Introduzione

Lo scopo di questa nota è di accennare brevemente a come si imposta e si sviluppa il materiale didattico di un corso in Computer Assisted Learning (CAL) e di presentare alcuni strumenti oggi disponibili che possono semplificare il compito.

La definizione di corso in CAL che verrà adottata nel seguito é la seguente: "impiego *individuale* e *diretto* (senza cioé intermediazioni) dell'elaboratore per *facilitare* e *certificare* l'apprendimento".

In altre parole, si tratta di utilizzare la macchina sia per rendere più agevole e più accessibile (anche in termini di distanza fisica) l'insegnamento, sia per creare una "documentazione" che metta il docente in grado di verificare come e quanto dell'iter di apprendimento sia stato effettivamente percorso dal singolo studente. Questo secondo obiettivo, anche se generalmente trascurato, non è meno importante del primo.

Se concepita in questi termini, la tecnologia CAL può avere importanti effetti sull'efficacia dell'insegnamento e sulla sua "produttività".

Basti pensare al fatto che la rapidità di apprendimento é differente da persona a persona in funzione della sua preparazione e delle sue capacità e che il tradizionale approccio "a classe" non ne può tenere conto che in misura molto limitata.

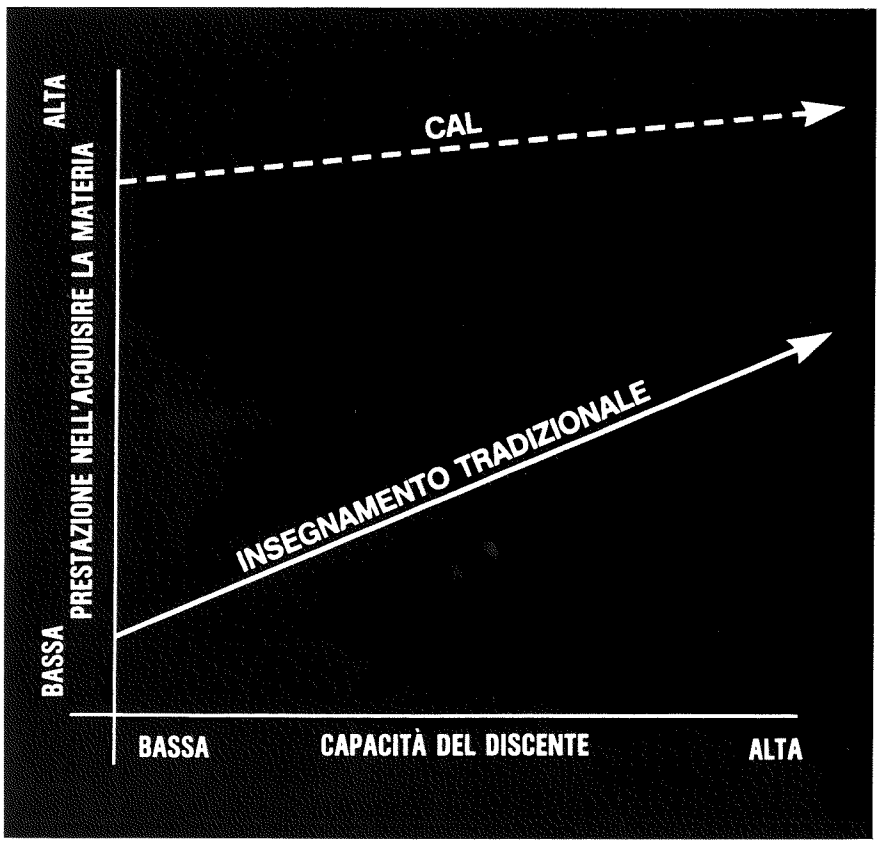


Fig. 1 - La relazione capacità-prestazione in ambito CAL e tradizionale

L'autoregolazione nell'acquisire la materia permette a più studenti di conseguire gli stessi obiettivi di formazione su un intervallo di tempo variabile e il partecipare attivamente alla lezione, reagendo agli "stimoli" proposti dall'elaboratore, di conferire una maggiore incisività all'insegnamento.

"L'individualizzazione dell'insegnamento" é in realtà la più importante connotazione del CAL in quanto consente quel rapporto 1 a 1 tra insegnante e studente altrimenti irrealizzabile.

La fig. 1 rappresenta in modo visivo una importante conseguenza di queste considerazioni: la correlazione, cioè, tra la capacità del discente e la sua prestazione nell'acquisire la materia non é più di tipo così stringente come nel tradizionale processo di istruzione in aula.

Un altro schema analogo potrebbe visualizzare come la stessa prestazione sia meno strettamente correlata con la capacità del docente.

2. Il prodotto didattico e le competenze richieste

Sviluppare un corso e delle lezioni per il loro impiego in ambito CAL é un'attività notevolmente complessa, per la molteplicità di competenze che vi vengono coinvolte e che devono armonizzarsi per arrivare a una sintesi didatticamente efficace.

La strategia vincente per arrivare a questo risultato si é dimostrata essere quella che fa perno su un'impostazione di tipo sistemico che ha già del resto trovato ampio campo di applicazione nell'area della progettazione del software; il "courseware", come viene anche chiamato il materiale didattico destinato all'ambito CAL, cosa é infatti, se non un particolare tipo di software?

D'altra parte, però, non è sempre immediato il parallelismo tra software e courseware ed è proprio a chiarire tale aspetto che sono dedicate queste note.

Ciò premesso, é opportuno richiamare brevemente le competenze che sono richieste per la progettazione di un corso CAL, cioé di un modulo di "COURSEWARE".

a) Prima di tutto una conoscenza dei contenuti della disciplina che deve essere trasmessa tramite il "courseware"; se si tratta di preparare del materiale CAL per un corso di lingua inglese é evidente che la padronanza della lingua é un prerequisito ineludibile.

b) Non meno necessaria é una buona familiarità con le teorie dell'apprendimento (e dell'insegnamento) che storicamente risalgono alla psicologia comportamentale se non altro perché era questa la scuola dominante al tempo della nascita del CAL (anni '60).

   Il modello ancora predominante é sostanzialmente quello che prevede i seguenti passi in sequenza:

   - lo *stimolo* (S) rappresentato da una domanda
   - il comportamento conseguente allo stimolo o *risposta* (R)
   - il *rinforzo* (R) come "ricompensa" per la risposta corretta

   da cui il nome di modello S-R.

   Il modello S-R fu applicato, con notevole successo, e molto intensivamente, da B.F. Skinner della Harvard University ai processi di apprendimento e divenne poi famoso con il nome di *istruzione programmata* o IP.

   Oggi tuttavia questo modello é soggetto a molte critiche specie quando si faccia riferimento ai processi cognitivi di ordine superiore - processi peraltro scarsamente conosciuti nella loro struttura.

   All'origine di queste critiche c'è un rinnovato interesse per i temi della scuola psicologica cognitivistica.

   Tuttavia si ritiene che solo con i progressi della Intelligenza Artificiale, che dovrebbero condurre a una maggiore comprensione dei "meccanismi" mentali, si potrà prescindere dall'impostazione comportamentalista.

c) Infine, non si può dimenticare che lo strumento che giustifica per definizione il CAL é l'elaboratore elettronico e quindi una conoscenza informatica é imprescindibile: sia per sceglierlo che per svilupparvi quel software particolare che abbiamo chiamato "courseware".

   Questo é il campo in cui sono avvenuti i maggiori cambiamenti negli ultimi 10-15 anni: dal punto di vista hardware con il passaggio dai grandi e medi elaboratori agli attuali mini e micro; dal punto di vista del software con l'avvento di linguaggi cosiddetti "autore" specializzati per la progettazione e lo sviluppo del "courseware" e, più recentemente, dei cosiddetti "sistemi autore".

   Questi ultimi, in particolare, rendono possibile la stesura di una lezione in CAL sulla base della sua struttura e dei suoi contenuti, senza che sia richiesta alcuna capacità di programmazione EDP.

Stante queste diverse competenze che devono confluire nella stesura del "courseware" é chiaro che la impostazione del lavoro non può che essere quella "di gruppo".

E, trattandosi di un progetto di software, la metodologia é quella di tipo sistemico strutturato.

Lo schema di fig. 2 indica in termini generali i passi metodologici da seguire che infatti, al di là della terminologia, coincidono sostanzialmente con quelli caratteristici di un qualsiasi prodotto di software.

Si é già accennato, in quanto precede, alla impostazione da dare alle prime due fasi per cui nei prossimi paragrafi ci soffermeremo sulla fase di progetto, su quella di sviluppo e infine su quella di qualificazione.

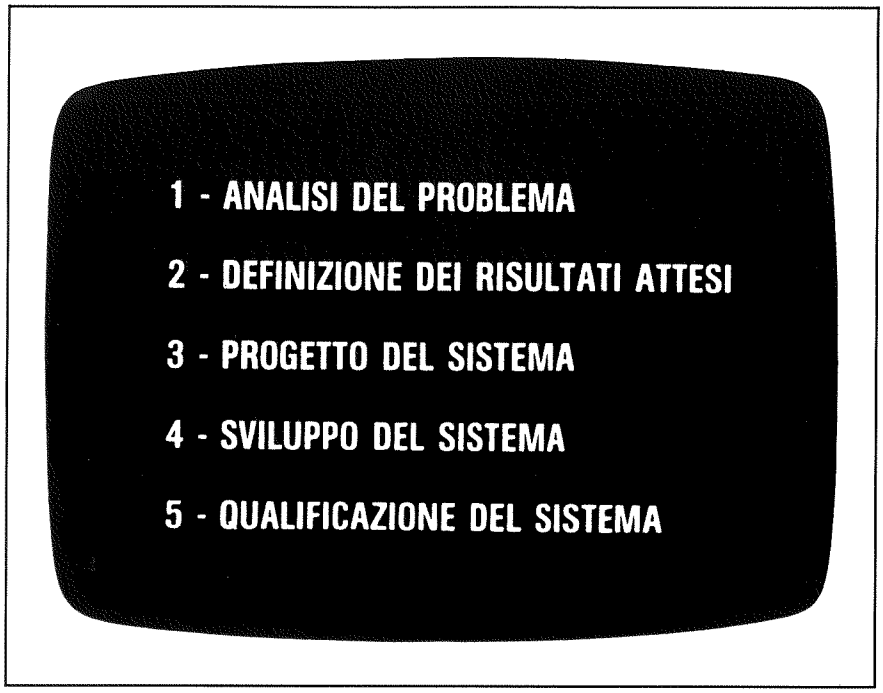
3. Il "frame"

Prima é però necessario introdurre alcune definizioni relative alla specificità del prodotto CAL.

Una lezione in CAL é costituita fisicamente da una successione strutturata su schermo di visualizzazione di un certo numero di cosiddetti "frame" che vengono presentati al discente.

La parola "frame" é ovviamente anglosassone ed é di difficile traduzione in italiano: potrebbe essere "pagina", "schermata", "quadro", ecc.

Fig. 2 - Fasi nello sviluppo di un corso CAL



Nessuna di queste parole é, in realtà, una traduzione soddisfacente per cui manterremo in quanto segue la dizione inglese.

Il "frame" é comunque il contenuto di informazioni che viene presentato allo studente, istante per istante, sullo schermo di una stazione di lavoro e che può riguardare sia del testo esplicativo su un determinato argomento (frame didattico) sia una o più domande (frame di valutazione).

Il concetto di frame é un utile mezzo di indirizzamento all'interno di una lezione CAL in quanto ne rappresenta per così dire l'unità di misura.

I "frame" come si é giá accennato possono essere di due principali categorie: quelli "didattici" (teaching frames) e quelli "valutativi" o di verifica del grado di apprendimento (criterion frames).

La fig. 3 illustra due esempi di "frame" didattici, il primo di tipo tradizionale, il secondo che é insieme anche valutativo.

Le figure 4, 5, 6, 7 e 8 mostrano invece vari tipi di frame valutativi tra quelli più frequentemente utilizzati.

4. Il progetto di materiale didattico

Il "courseware" oggi disponibile sul mercato é straordinariamente eterogeno quanto a qualità e portata; se possibile, ancora di più di quanto non lo sia il software applicativo.

A un estremo si trova il courseware sviluppato con l'applicazione sistematica delle più rigorose tecniche didattiche e informatiche, dall'altra del software "nato" in modo più o meno casuale.

Senza voler peccare di pessimismo si può affermare che la maggior parte del software didattico oggi disponibile sul mercato appartiene alla seconda categoria.

E questo per varie ragioni che vanno dalla scarsa cultura degli stessi addetti al settore, all'impiego di mezzi hardware e software del tutto inadeguati a risolvere un problema didattico.

Di fatto, per sviluppare del buon materiale CAL é necessario preliminarmente fissare in modo assolutamente chiaro quali siano gli obiettivi che si vogliono raggiungere (vedi fig. 2), e questo non è sempre facile, sia perché il responsabile dello sviluppo non ha magari una conoscenza di prima mano del problema, sia perché l'utilizzatore (in questo caso l'insegnante) non é in grado di valutare le possibilità dello strumento nell'ambito della sua disciplina.

Come si vede, si tratta di una situazione molto simile a quella che si riscontra così frequentemente nella definizione e nello sviluppo del software applicativo.

Esistono tuttavia delle metodologie di tipo euristico che, oltre a conferire al materiale didattico una struttura rigorosa, possono aiutare proprio nella definizione degli obiettivi mano mano che si approfondisce l'analisi del problema.

Ma esistono anche degli strumenti di software didattico (e accenneremo ad alcuni di essi nei prossimi paragrafi) che consentono di arrivare rapidamente (con costi limitati) alla sperimentazione "in corpore vili" del materiale CAL e quindi di rilevarne tutte quelle manchevolezze, rimosse le quali, si può procedere alla stesura definitiva.

Anche in questo caso si possono stabilire delle analogie con la moderna tecnica del "prototiping" che sta imponendosi nel mondo dell'EDP classico.

5. Le metodologie di progettazione

Le figure 9, 10 e 11 indicano un iter di definizione del progetto CAL che non richiede particolari commenti in quanto si allinea alla tradizionale analisi "top-down" di tipo strutturato caratteristica dei progetti EDP salvo che per la osservazione (per altro applicabile anche al caso EDP) che non é detto che l'approccio

Fig. 3 - Esempi di frame didattici

Fig. 4 - Esempi di frame valutativi

Fig. 5 - Frame valutativi a scelta binaria e a scelta multipla

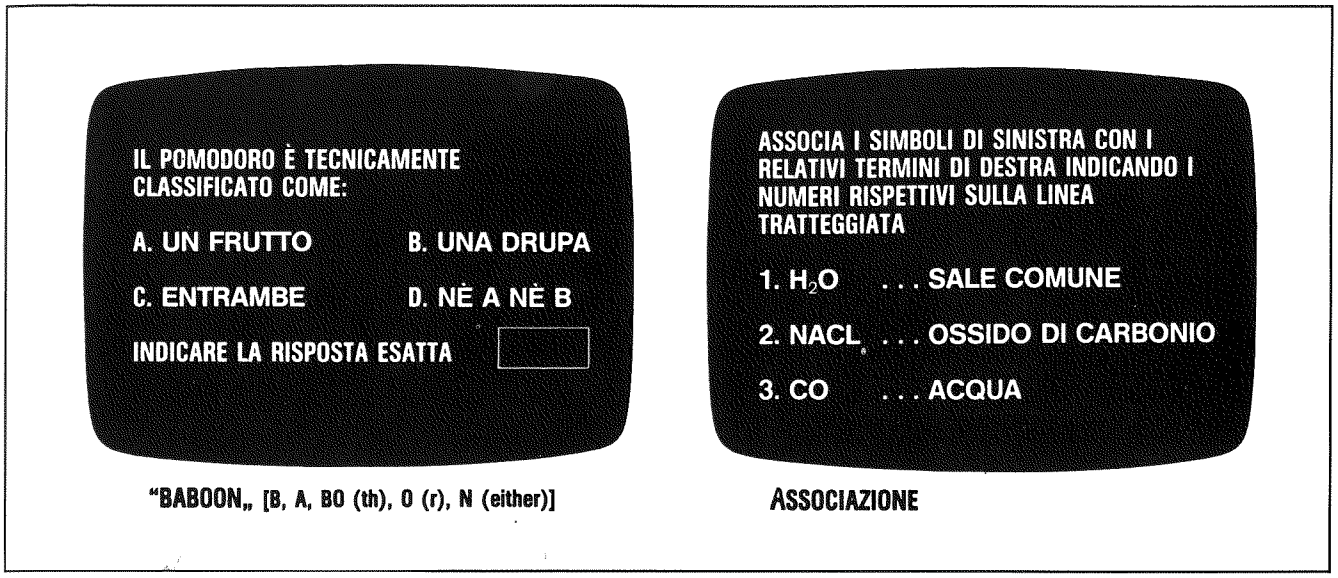


Fig. 6 - Frame valutativi di tipo BABOON e ad associazione

Fig. 7 - Frame valutativi a completamento e a soluzione di problema

Fig. 8 - Frame valutativi di tipo EG-RUL e RUL-EL

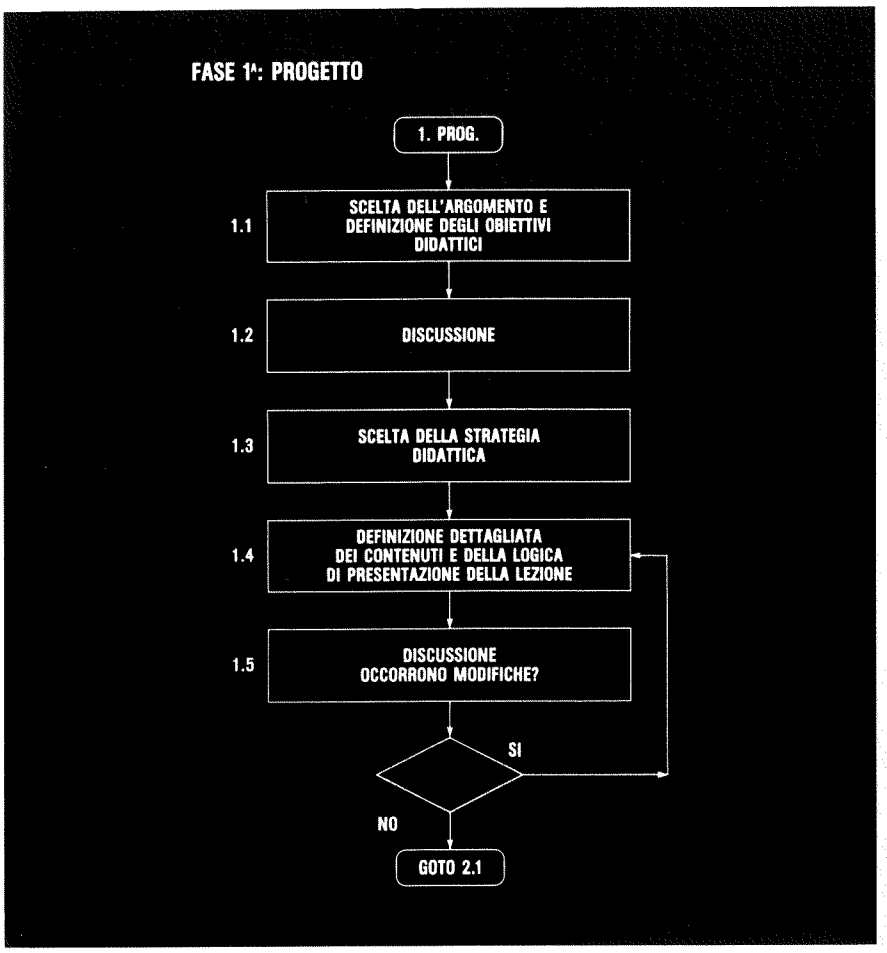
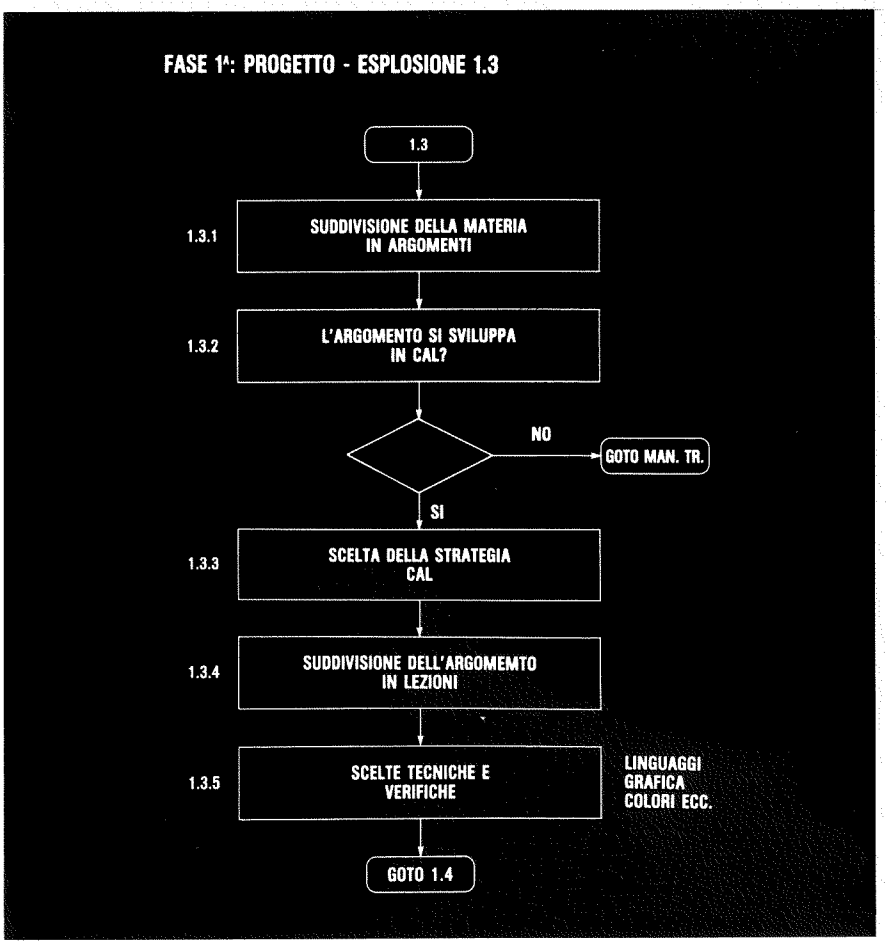


Fig. 9 - Il progetto



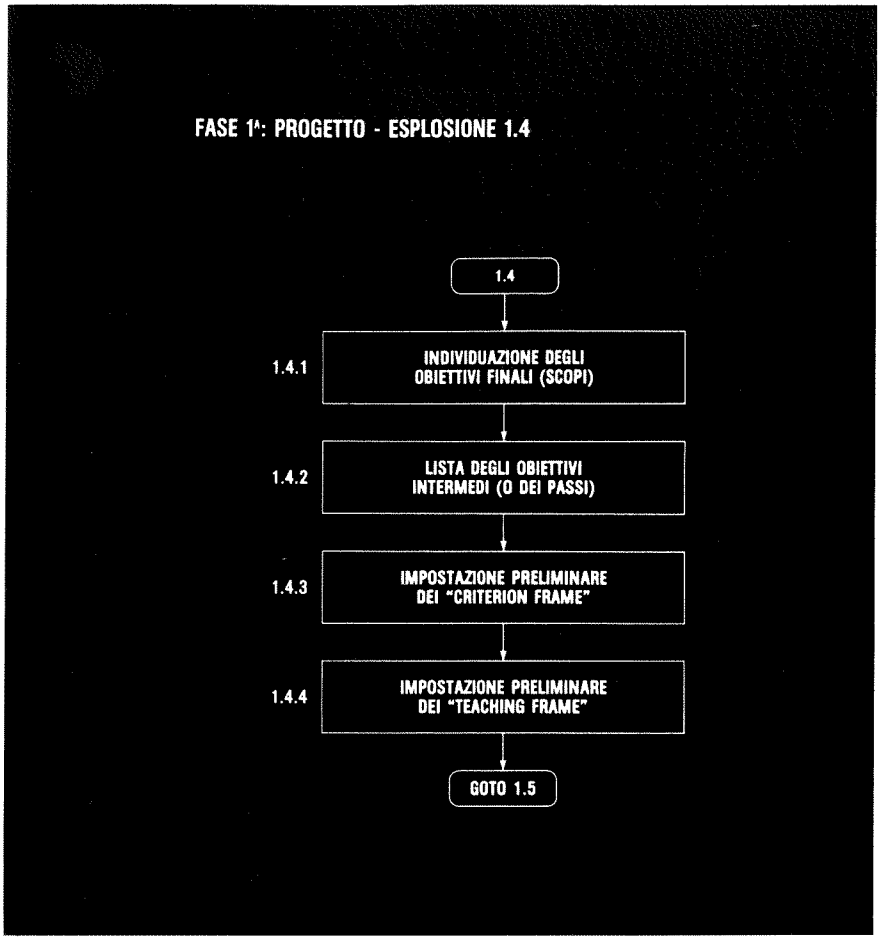
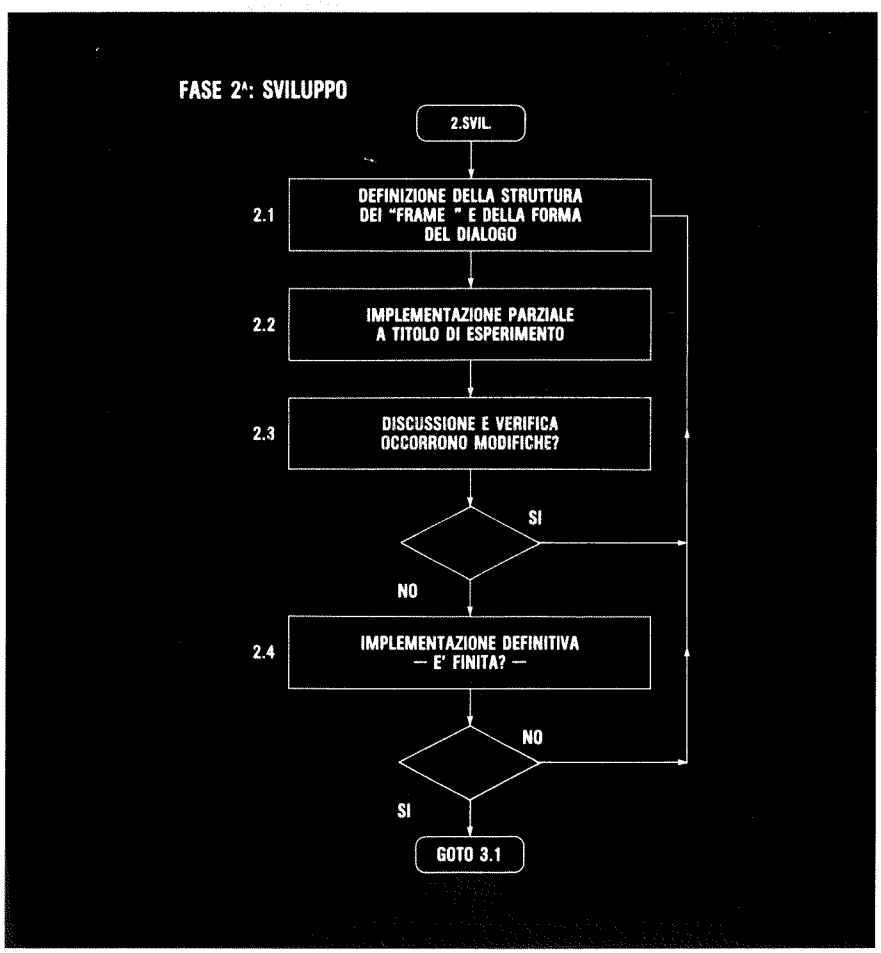
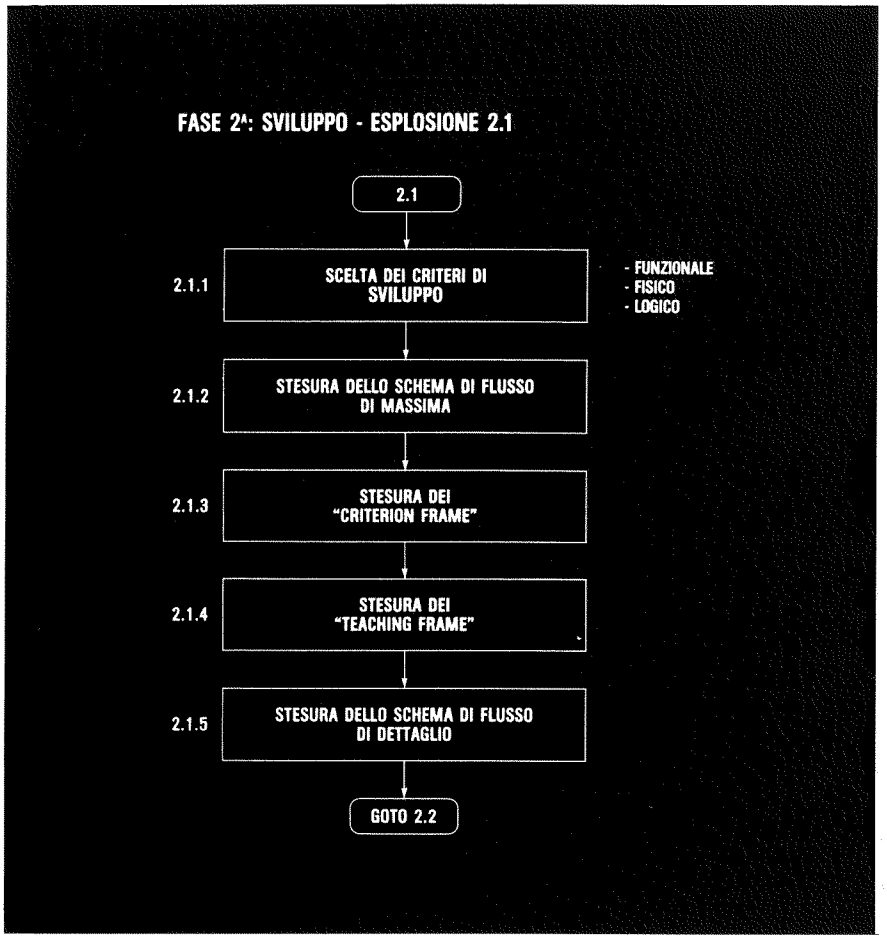


Fig. 10 - Lo sviluppo





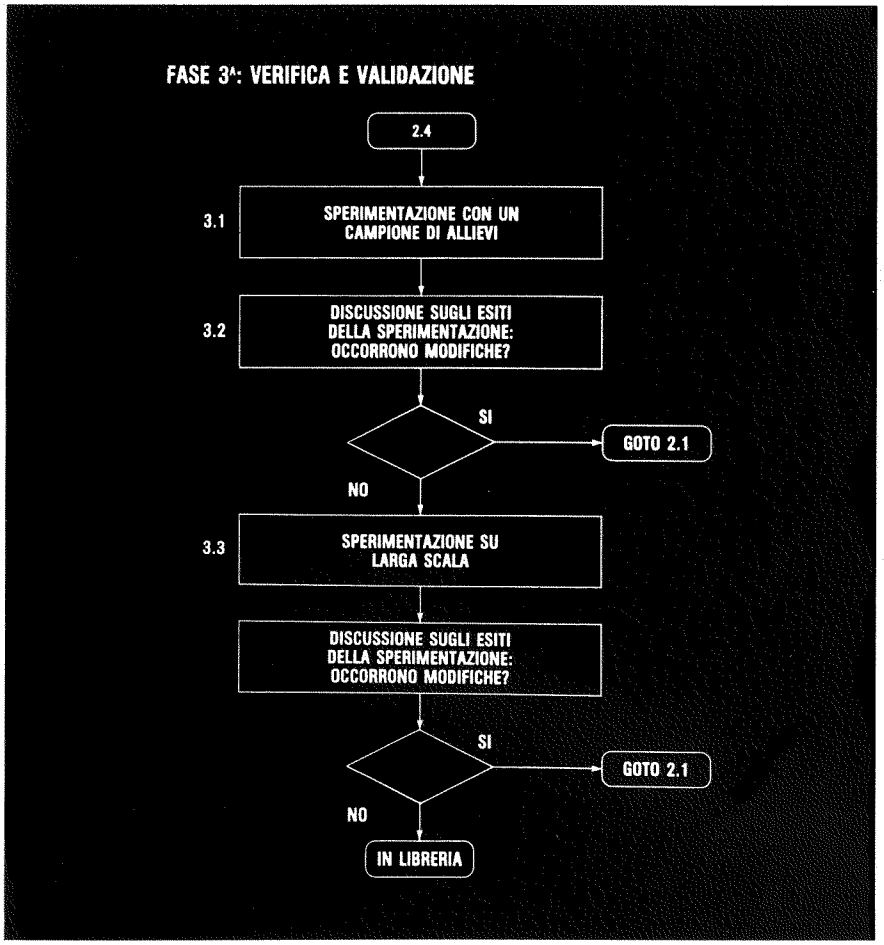


Fig. 11 - La qualificazione

CAL risulti da privilegiare in certe lezioni o in certe parti a favore di quello tradizionale.

A questo riguardo girano tra gli addetti ai lavori, due celebri e contrapposti aforismi.

- "Qualsiasi insegnante che possa essere sostituito da un programma CAL lo deve essere"
- "Qualsiasi programma CAL che possa essere sostituito da un insegnante lo deve essere"

Ambedue contengono una parte di verità e insieme stanno a dire che il materiale deve essere appropriato al mezzo di comunicazione.

In generale si può dire che del materiale didattico é conveniente sotto forma CAL quando sia sufficientemente stabilizzato oppure quando sia alto il numero dei discenti e così decentrata la loro dislocazione, da non consentire alternative con i mezzi tradizionali.

Quest'ultimo é tipicamente il caso delle grandi organizzazioni industriali, finanziarie o amministrative dove vi é il problema impellente di non rendere il necessario aggiornamento professionale incompatibile con l'attività operativa. L'orientamento individuale del CAL non può che essere in questi ambiti quello vincente.

Un'altra considerazione riguarda l'impiego di quei componenti della lezione CAL che abbiamo precedentemente individuato come fondamentali: i "frame".

Scomposta la lezione in moduli, o passi che dir si voglia, individuando per ognuno di essi un preciso obiettivo didattico, il conseguimento di tale obiettivo viene misurato con un frame di valutazione che certifica il grado di apprendimento dell'allievo; il contenuto appreso dall'allievo é trasmesso attraverso il (i) frame didattico (i).

In generale, quindi, un "frame" di valutazione é preceduto da uno o più "frame" didattici e il loro numero ottimale (non devono essere troppi per non appesantire il corso, né troppo pochi per non renderlo incomprensibile) va stabilito mediante sperimentazioni, e può essere diverso da allievo ad allievo.

6. La qualificazione

La qualificazione non va confusa con la sperimentazione in quanto consiste in un vero e proprio impiego, in ambiente reale, del materiale CAL, con dei discenti che devono, da tale materiale, trarre i benefici previsti dal corso.

La fig. 11 schematizza il processo di verifica/validazione.

Questo processo é senz'altro il più delicato di tutto l'iter del prodotto in quanto é in grado di determinarne il successo o il fallimento, ma singolarmente é anche l'aspetto che viene più spesso trascurato vuoi per mancanza di tempo, vuoi perché lo stesso utilizzatore del corso che lo deve pretendere collaudato, non sempre si rende conto della importanza che lo sia effettivamente.

La qualificazione dovrebbe essere sufficientemente intensiva da garantire il conseguimento degli obiettivi sia qualitativi che quantitativi; tra questi ultimi che, ad esempio, il 90% degli studenti che utilizzano il corso CAL raggiunga il 90% del livello di apprendimento richiesto.

L'elemento critico su cui si deve operare è il "frame" valutativo.

Se esso, infatti, é correttamente impostato, garantisce che il segmento di lezione che lo precede ha raggiunto i suoi scopi; se é troppo semplice, o troppo difficile da superare, dimostra chiaramente che la parte di istruzione che lo precede é inadeguata.

É chiaro che, in questo ambito, il sistema su cui si effettua la validazione del corso deve avere la capacità di monitorizzare le prestazioni degli studenti in modo relativamente analitico (non limitato cioé al banale conteggio delle risposte positive o negative).

L'autore del corso deve infatti sapere, segmento per segmento, se sono stati tutti eseguiti, quale tipo di risposta hanno avuto (sia corretta che errata), quanto tempo lo studente ha impegnato nel seguirli, ecc.

È proprio in questa fase che alcune soluzioni sistemistiche mostrano i loro limiti e, in particolare, quelle che fanno riferimento a "personal" indipendenti l'uno dall'altro: in tal caso infatti, non vi é possibilità di mettere a fattor comune capacità di archiviazione e quindi non vi é possibilità di confrontare le prestazioni relative degli studenti.

Il tema é di carattere più generale e riguarda tutta l'area della cosidetta "amministrazione della classe" da parte del docente che si avvale dell'elaboratore come sussidio didattico.

Se la soluzione adottata é a stazioni tra loro indipendenti (fig. 12) risulta pressoché impossibile per il docente rendersi conto, durante l'esercizio a regime del corso, del ritardo con cui certi studenti procedono nella acquisizione del materiale didattico e quindi adottare quelle misure di recupero che fanno parte integrante dell'orientamento individuale del CAL rappresentandone forse, nel tradizionale ambiente scolastico, l'aspetto più significativo.

Nell'ambito dell'azienda il problema é forse meno sentito in quanto il decentramento del processo di "istruzione" e la maggiore maturità del discente possono in parte (ma solo in parte) supplire a tale lacuna.

Questo insieme di considerazioni di carattere organizzativo e pedagogico, più che strettamente informatico, suggeriscono oggi di privilegiare, soprattutto nella scuola istituzionale, le configurazioni con mini-micro elaboratori a più stazioni di lavoro (fig. 13) che consentono oltretutto anche una più agevole gestione del materiale didattico grazie alle maggiori capacità di memoria di massa che sono in grado di garantire.

Nel seguito di questa memoria si accennerà brevemente ai risultati positivi di un test di validazione eseguito qualche anno fa su un insieme di corsi CAL approntati per questo tipo di configurazioni, test che certamente rappresenta il collaudo più significativo che sia mai stato fatto per un sistema di istruzione aiutato dall'elaboratore.

7. Gli strumenti

Si é già accennato alla componente sistemistica degli strumenti oggi a disposizione dell'autore di "courseware", in particolare ai mini e microelaboratori.

Fig. 12 - Soluzione tipo "personal"

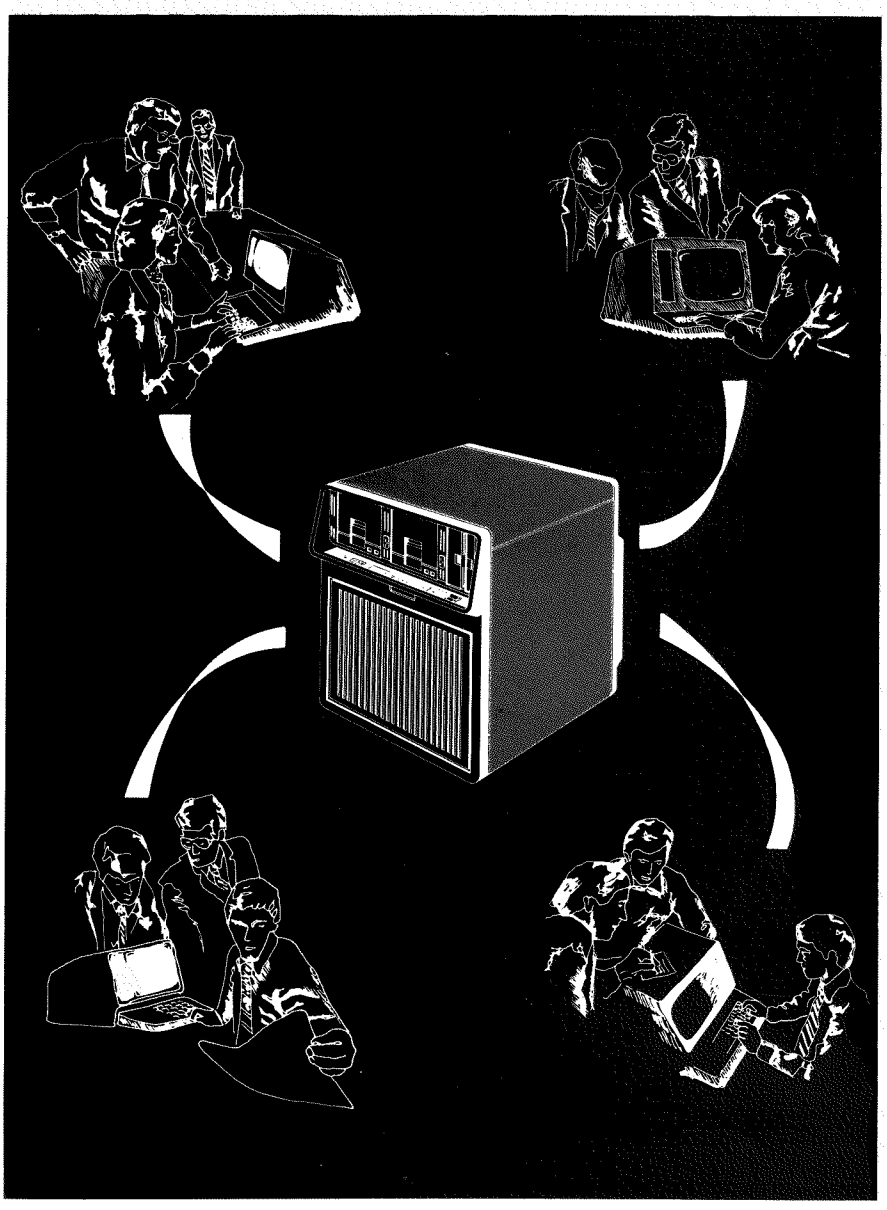


Fig. 13 - Soluzione mini-micro a più stazioni

Si approfondirà in questo paragrafo la componente software, costituita da quegli ausili che possono agevolare o addirittura annullare lo sforzo di programmazione richiesto al didatta per approntare un corso in CAL.

7.1. I linguaggi autore

Così come é storicamente avvenuto per i linguaggi di programmazione evoluti dell'informatica (il BASIC, il FORTRAN, il COBOL, sino al più recente ADA), sono stati gli utenti, cioé gli enti interessati ad avvalersi della tecnologia del CAL, a proporre i primi metodi di programmazione orientati ai problemi didattici.

È questa l'origine dei cosiddetti "linguaggi autore" che, rispetto ai linguaggi di carattere generale, presentano un certo numero di vantaggi per l'utente:

- Uso di un lessico facente diretto riferimento ai problemi didattici e quindi più agevole ad impararsi. Es. l'istruzione QU può voler dire "il frame seguente é di tipo valutativo e quindi disponiti a giudicare la risposta", oppure l'istruzione CA sta per "quanto segue é la risposta corretta alla domanda precedentemente formulata", ecc.
- Maggior potenza delle istruzioni: un comando come quelli citati, ad esempio, può dar luogo a decine, quando non a centinaia, di istruzioni BASIC, COBOL o FORTRAN.
- Possibilità di concentrarsi sulla logica didattica della lezione piuttosto che sulla programmazione.

Tuttavia, se il tipo di corsi che si vogliono scrivere é sufficientemente complesso, sia in termini di articolazione che di uso di capacità grafiche e di possibilità di amministrazione della "classe" (vedi punto precedente), anche il linguaggio autore può presentare difficoltà per un docente del tutto digiuno di competenze informatiche in quanto esige comunque, da parte sua, una capacità di adeguarsi alle regole della programmazione; regole spesso abbastanza complesse se si vogliono sfruttare adeguatamente le potenzialità dello strumento.

Nell'articolo di M. Italiani e G. Olimpo sono presentati alcuni esempi di linguaggi autore scelti tra i più noti.

In questo articolo ci si limiterà a ricordarne due particolarmente interessanti.

- L'uno, il CAN-8 (Completely Arbitrary Name, versione 8), per la diffusione che ha avuto inizialmente nel sistema scolastico canadese e poi negli USA e in Europa e che é stato sottoposto in un certo numero di Istituti Canadesi a un test di validazione estremamente interessante e su cui torneremo al prossimo punto.
- L'altro, il NATAL (NATional Authoring Language), perché si tratta di un progetto voluto dal Governo Canadese come linguaggio appunto da assumersi a livello nazionale, per la costruzione di una libreria di corsi che possa essere utilizzata per tutto il sistema educativo del paese.

Ambedue i linguaggi autore sono disponibili sulla famiglia DPS6 e sui Micro 6/10 e 6/20 della Honeywell; il CAN-8 in particolare è in uso esclusivo su questi prodotti.

7.2. I sistemi autore

I sistemi autore rappresentano il livello oggi più avanzato di utilizzo dell'elaboratore nella didattica e, come tali, sono esempi di una nuova generazione di sistemi: i cosiddetti "programmer-less systems" vale a dire che non richiedono, per essere utilizzati, capacità di programmazione.

Questo tipo di sistemi sta rapidamente imponendosi non solo nel campo della didattica, ma dovunque sia necessario far si che lo strumento informatico venga impiegato dall'autore finale senza intermediazioni specialistiche.

Tipico é il caso della automazione d'ufficio dove l'obiettivo cui si vuole arrivare é di mettere a disposizione di qualsiasi impiegato, funzionario o dirigente una stazione di lavoro informatica.

La struttura oggi più frequente per un sistema autore é quella "menù driven" cioé a scelte guidate.

All'autore vengono proposte le varie possibilità di uso dello strumento tra le quali può scegliere quella che gli serve; nell'ambito della scelta vengono successivamente proposte alternative di maggior dettaglio e così via tramite scelte guidate sino al completamento del compito.

Questa struttura ad albero decisionale prescinde evidentemente da qualsiasi conoscenza della programmazione; i programmi, una volta che ne sono state definite le specifiche, vengono generati automaticamente dallo stesso sistema e sono così pronti per essere eseguiti.

Alcuni sistemi autore particolarmente avanzati, generano i programmi eseguibili in due fasi:

- una prima, in linguaggio autore, a livello del quale possono essere effettuati ulteriori interventi rivolti a migliorare le prestazioni, ad estenderle o ad aggiungere parti già precedentemente collaudate, così da migliorare il prodotto finale;
- una seconda, da linguaggio autore a forma eseguibile sull'elaboratore.

Questo approccio é in particolare caratteristico del sistema autore EASY (Effective Authoring System) che genera programmi scritti in linguaggio autore CAN-8.

8. Il progetto CARE

CARE sta per Computer Assisted Remediation and Evaluation Project ed é un progetto finanziato dal Ministero della Pubblica Istruzione dell'Ontario prolungatosi su un arco di due anni: dal Maggio 1978 all'Aprile 1980.

Scopi del CARE sono la creazione di una libreria di "courseware" per le scuole secondarie e la valutazione della efficacia didattica del CAL su una popolazione estremamente significativa di studenti a vari livelli di capacità.

Il linguaggio autore utilizzato per lo sviluppo del materiale didattico é stato il CAN-8; l'Ente che ha curato lo sviluppo é stato l'OISE (Ontario Institute for Studies in Education).

É stata costituita una rete di elaboratori per connettere tra loro e con l'OISE i 20 Istituti scelti per l'esperimento e nel corso del biennio più di 10.000 studenti hanno preso parte al progetto.

La valutazione a consuntivo dell'efficacia didattica della tecnica CAL é risultata positiva per vari aspetti:

- gli studenti che ne hanno fatto uso hanno dimostrato maggiore competenza sulle varie materie dei loro colleghi che hanno seguito corsi tradizionali
- il tempo di acquisizione della materia si é significativamente ridotto (dal 15 al 40%)
- i docenti e gli studenti si sono dimostrati straordinariamente disponibili e favorevoli nelle loro risposte e hanno esplicitamente raccomandato l'estensione del CAL.

Alla fine del 1983 circa 50.000 studenti di scuole secondarie dell'Ontario seguivano regolarmente corsi CAL sviluppati con il linguaggio autore CAN-8.

L'elaboratore nell'insegnamento della fisica

E. SASSI

Istituto di Fisica Sperimentale
Università di Napoli

1. Introduzione

In questo lavoro sono presentate alcune considerazioni sulle innovazioni che possono essere apportate nel processo di insegnamento-apprendimento, dall'introduzione delle AED.

Viene fatto particolare riferimento alla didattica della fisica, sia per la fascia scolare della secondaria superiore sia per l'università e sono discusse alcune possibili utilizzazioni di materiale AED negli attuali curricula.

È esaminata per i corsi introduttivi di fisica, la potenzialità didattica dell'approccio numerico per risolvere le equazioni del moto. Questo approccio permette di studiare il moto dei corpi senza risolvere equazioni differenziali, argomento che per molti studenti non farà mai parte del loro piano di studi; restituisce alla legge $\mathbf{f} = m\mathbf{a}$ tutta la sua potenza descrittiva e rende affiancabile allo studio di forze usuali, come le gravitazionali o le elastiche, quello di altri tipi di forze.

È discusso l'apporto che la simulazione su elaboratore può dare allo sviluppo dell'intuizione fisica, all'apprendimento della risoluzione di problemi, all'arricchimento delle esperienze di laboratorio.

Sono infine discussi alcuni problemi attuali relativi alla diffusione delle AED.

2. Innovazioni introdotte dalla AED

Esiste oggi una crescente pressione sulla scuola perché si allarghi l'uso dell'elaboratore nella didattica; questa situazione è in gran parte generata dal mercato degli elaboratori che ha già iniziato ad invadere il settore educativo, ma è anche un riflesso dei cambiamenti che lo sviluppo della microelettronica ha portato in moltissimi settori della vita quotidiana, a cui sono esposti tutti coloro che, sotto luci diverse: docenti, studenti, genitori,..., vivono il processo formativo.

Occorre però considerare anche altri fattori non legati allo sviluppo di una tecnologia in notevole espansione, per non correre il rischio di muoversi in un'ottica determinata solo dall'evoluzione delle prestazioni degli elaboratori e dal crollo dei costi dell'hardware.

È noto a tutti coloro che operano nell'ambiente formativo che lo schema tradizionale di insegnamento, basato sulla lezione del docente e sull'uso di testi, non è soddisfacente, specialmente quando il numero di studenti è elevato. Una ragione importante dell'insoddisfazione sta nel fatto che lo schema didattico tradizionale non stimola facilmente un atteggiamento attivo da parte dello studente che può porsi come ricettore passivo di una didattica "verbale". Un altro elemento di disagio è connesso con le diversità che esistono sia fra le preesistenti culture di base degli studenti di una stessa classe, sia fra i loro modi e ritmi di apprendimento. Questi elementi, in uno schema didattico soddisfacente, dovrebbero trovare spazi e tempi per esprimersi.

In alternativa allo schema tradizionale, va affermandosi, ormai da parecchio tempo, l'esigenza di una didattica attiva e personalizzata, in cui sia possibile per lo studente stabilire percorsi didattici adatti alla propria situazione, recuperare conoscenze non consolidate, essere frequentemente sollecitato a risolvere problemi connessi con l'argomento in studio, al fine di acquisire una consapevolezza operativa delle proprie conoscenze.

L'uso delle tecnologie dell'informazione come strumenti didattici può aiutare notevolmente ad andare in questa direzione.

I maggiori contributi che le AED possono dare alla soluzione dei problemi accennati nell'introduzione, sono essenzialmente raggruppabili sotto due voci:

a) capacità interattiva

b) creazione di "ambienti didattici"

A differenza delle altre tecnologie didattiche utilizzate finora, come diapositive, film, registrazioni audio, ecc..., l'elaboratore permette una interazione fortemente attiva con l'utente, ad esempio acquisendo risposte, proponendo quesiti sulla base dell'apprendimento, permettendo la selezione di percorsi didattici diversi a seconda degli interessi e delle conoscenze dell'utente, fornendo a richiesta strumenti di calcolo e di grafica, ecc. Questa capacità interattiva dell'elaboratore,

che oggi è ampia anche per macchine dai costi contenuti e che tende ad espandersi molto velocemente, aiuta a concretizzare una strategia di didattica attiva in cui l'utente, sollecitato frequentemente a risolvere problemi, è stimolato ad assumere un atteggiamento mentale attivo ed aiutato a sviluppare così una consapevolezza operativa delle proprie conoscenze.

Lo schema di fig. 1, nella parte a) illustra l'interazione che si verifica quando lo studente vede un audiovisivo, assiste ad un film, legge un libro, segue una lezione tradizionale, ecc. Il flusso dell'informazione esce dall'agente istruzionale ed è unidirezionale. Gli aspetti didattici non soddisfacenti sono sia quello di non poter regolare il flusso di informazione attraverso la verifica che lo studente sta apprendendo correttamente, sia l'impossibilità di adattare l'informazione alle situazioni individuali.

La parte b) illustra una situazione didattica personalizzata, come ad esempio un colloquio docente-studente. Il flusso di informazioni è bidirezionale, il docente calibra le sue spiegazioni secondo quello che gli viene richiesto e/o risposto dallo studente, questi fa richieste secondo le sue necessità e risolve problemi. L'elaboratore può, più di ogni altra tecnologia didattica finora utilizzata, approssimare la situazione b); questa approsimazione sarà tanto migliore quanto più ampie saranno le prestazioni dell'elaboratore e quanto più naturale sarà il colloquio studente-elaboratore.

Anche altri aspetti dell'uso dell'elaboratore nella didattica possono aiutare a personalizzare i ritmi di apprendimento. La ripetibilità d'uso di un prodotto AED e la possibilità di scegliere i tempi in accordo col percorso didattico seguito, consentono una didattica più personalizzata e favoriscono l'apprendimento secondo modalità individuali.

L'altro contributo fortemente innovativo che le AED possono portare è legato alla possibilità di costruire programmi che realizzano "ambienti didattici" con cui lo studente può interagire per raggiungere determinati obiettivi. Questi "ambienti didattici" possono essere sia mondi fisici in cui ampliare e/o realizzare esperienze di laboratorio, sia modelli matematici da manipolare, sia ambienti immaginari in cui operare secondo regole definite. L'interazione con un "ambiente didattico" è un modo di apprendimento molto naturale ed efficace; lo studente esplora le caratteristiche dell'ambiente attraverso la manipolazione che segue e la risposta che ne risulta. La potenza di calcolo, la possibilità di input ed output grafico, la maneggiabilità di grosse masse di dati, permettono la creazione di "ambienti didattici" assai vari e stimolanti. Alcuni esempi delle possibilità didattiche offerte in questo campo sono discusse nel paragrafo sulla simulazione.

Concludendo, le innovazioni che l'uso dell'elaboratore può introdurre nella didattica sono, forse, le caratteristiche che, meglio di altre, daranno un contributo risolutivo nel vincere le resistenze all'uso delle tecnologie didattiche [1], ancora oggi presenti nell'ambiente educativo ed alimentate dalla tradizione che il rapporto verbale della lezione ed il materiale cartaceo siano i migliori veicoli dell'apprendimento.

Queste considerazioni si applicano, ovviamento, all'uso di prodotti AED che siano didatticamente vali-

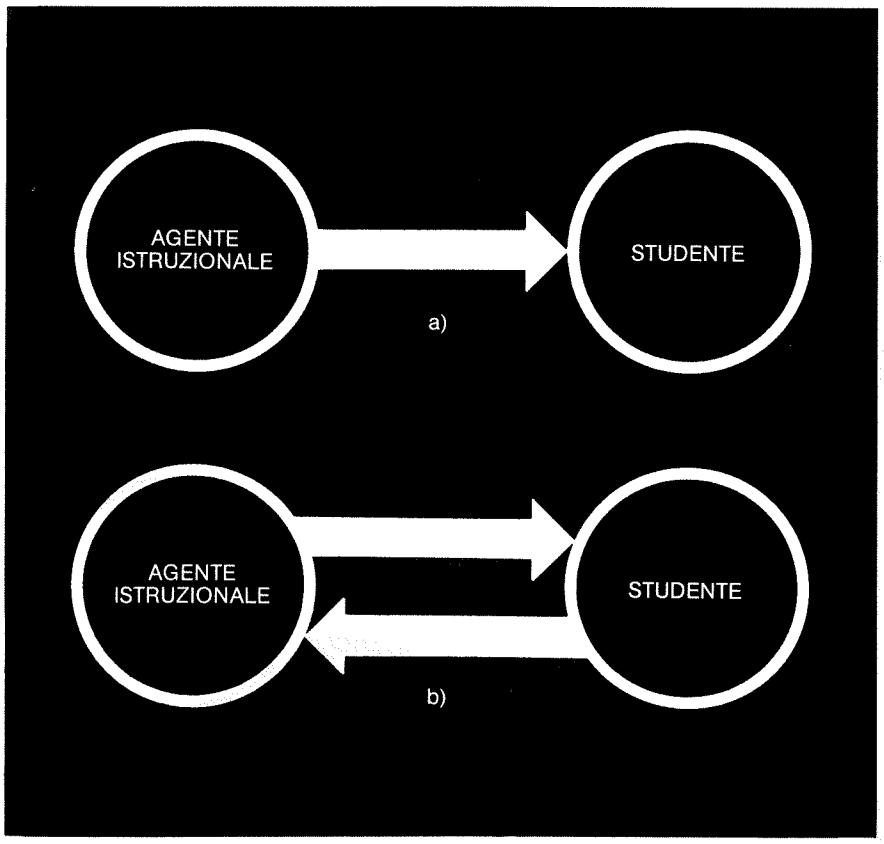


Fig. 1 - Tipi di interazione tra agente istruzionale e studente.
a) unidirezionale
b) bidirezionale

Fig. 2a - Pianeta sottoposto a forza proporzionale ad $1/r^2$: caso di orbita chiusa

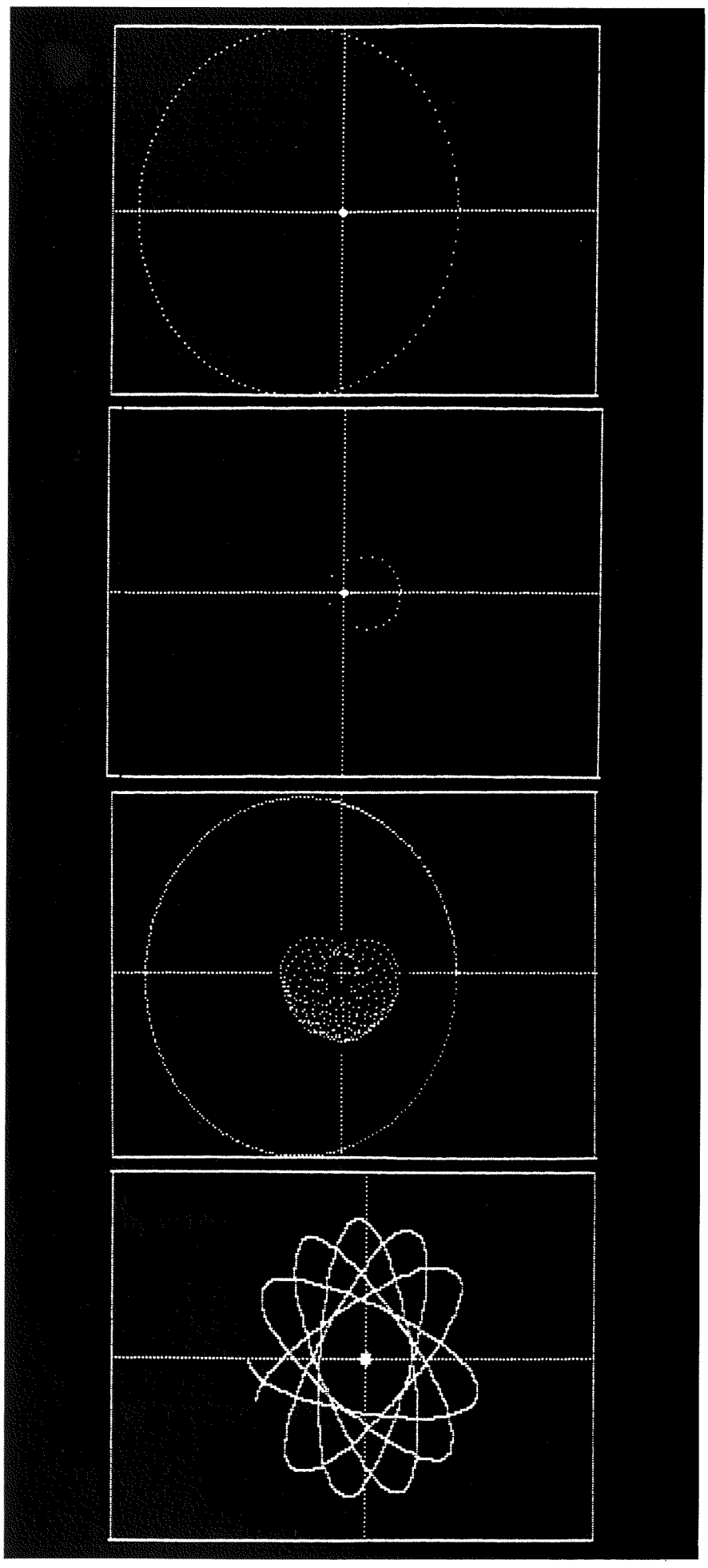


Fig. 2b - Pianeta di massa uguale a quella della fig. 2a, sottoposto alla stessa forza. Condizioni iniziali diverse: orbita chiusa.

Fig. 2c - I due pianeti della fig. 2a e 2b interagiscono col centro di forza e fra loro.
Stesse condizioni iniziali delle traettorie stabili precedenti.

Fig. 2d - Pianeta sottoposto all'azione di una forza proporzionale al quadrato della distanza.

di e nella cui progettazione siano stati esplicitamente tenuti in conto gli aspetti su descritti [2].

A prima vista può sembrare superfluo sottolineare che la introduzione delle tecnologie dell'informazione nella didattica è utile solo se i docenti la realizzano con un approccio culturale corretto e con capacità di utilizzazione. Se però si guarda con occhio critico il courseware che attualmente è in circolazione, ci si accorge che molti prodotti sono scadenti dal punto di vista didattico e possono essere addirittura dannosi.

3. Alcuni esempi di uso di AED in fisica

3.1 L'approccio numerico e lo studio delle equazioni del moto

La stragrande maggioranza dei corsi introduttivi di fisica, sia nelle scuole secondarie che all'università, inizia con la meccanica. Un notevole rilievo viene dato allo studio di questa parte della fisica, sia per la sua caratteristica di corpo completo di leggi, che necessita di correzioni solo per regimi relativistici sia per il valore emblematico che la meccanica ha avuto nello sviluppo delle altre branche della fisica.

Il percorso didattico, quasi sempre seguito, parte dalla introduzione delle grandezze cinematiche per corpi puntiformi ed arriva alle equazioni del moto. Di una legge come **f** = m**a** si sottolinea la validità generalissima, ma in realtà il suo contenuto rimane, per la maggioranza degli studenti, astratto, spesso oscuro e ridotto ad uno slogan. Questo succede perché, non potendo affrontare la trattazione delle equazioni differenziali del secondo ordine, per mancanza di strumenti matematici a disposizione, si rimanda lo studio delle equazioni del moto a momenti successivi, il che per moltissimi studenti non avverrà mai più perché questo argomento non farà parte dei loro studi ulteriori.

Si surroga questo rimando con la discussione di soluzioni di **f** = m**a** in casi molto semplici e/o particolari. Senza affrontare la risoluzione delle equazioni del moto non si può però cogliere il significato profondo del secondo principio della dinamica ed il ruolo essenziale che le condizioni iniziali giocano nella dinamica del moto, a parità di forze.

In alternativa a questa soluzione che, dal punto di vista didattico è assai insoddisfacente, l'approccio numerico per la soluzione di **f** = m**a** permette di riorganizzare completamente lo studio delle equazioni del moto e necessita, come prerequisito, solo delle nozioni di velocità ed accelerazione media. Queste due grandezze cinematiche medie sono note a tutti nella pratica e si possono formalizzare riallacciandosi alla esperienza quotidiana. La loro espressione, unitamente ad **f** = m**a**, è tutto ciò che serve per impiantare l'algoritmo con cui costruire la soluzione dell'equazione del moto. In un moto ad una dimensione, in un piccolo intervallo di tempo (t, t+ Δt), le informazioni cinematiche medie sono:

$$v_m = \frac{x(t + \Delta t) - x(t)}{\Delta t},$$

$$a_m = \frac{v(t + \Delta t) - v(t)}{\Delta t}$$

mentre l'informazione dinamica è:

$$a(t) = f(t)/m$$

Queste tre relazioni possono essere scritte in modo da esprimere la posizione e la velocità del corpo al tempo t + Δt, a partire dai valori di queste grandezze al tempo precedente t:

$$x(t + \Delta t) = x(t) + \Delta t\, v_m = x(t) + \Delta t\, v(t + \Delta t/2)$$

$$v(t + \Delta t/2) = v(t - \Delta t/2) + \Delta t\, a(t) = v(t - \Delta t/2) + \Delta t\, f(t)/m$$

È stata utilizzata per la velocità media in (t, t + Δt) il valore corrispondente al punto di mezzo; nello scegliere il valore di v succede abbastanza comunemente che gli studenti suggeriscano intuitivamente proprio questo valore, se ciò non succede si può scegliere un valore corrispondente ad un estremo dell'intervallo e vedere poi come migliora l'approssimazione usando il valore del punto di mezzo. La conoscenza delle condizioni iniziali x (0) e v (0) è utilizzata per inizializzare l'elaborazione:

$$x(0) = x_0,$$

$$v(\Delta t/2) = v(0) + \frac{\Delta t}{2} f(0)/m$$

In definitiva, nel caso di un corpo puntiforme di massa unitaria che si muove sotto l'azione di una molla, di costante k unitaria, l'algoritmo da utilizzare è:

$$x(0) = x_0$$

$$v(0) = v_0$$

$$v(t + \Delta t/2) = v(t - \Delta t/2) + \Delta t\, a(t) = v(t - \Delta t/2) + \frac{f(t)}{m}\Delta t$$

$$x(t + \Delta t) = x(t) + \Delta t\, v(t + \Delta t/2)$$

che si converte in un programma assai semplice:

```
(*inizializza*)
t0:=0
dt:=...
tfin:=...
x0:=...
v0:=...
(*ripeti*)
x:=x+dt*v
v:=v-dt*x
t:=t+dt
(*fino a che*)
t<tfin
```

Questo programma che, in qualunque linguaggio, si converte in pochissime linee di codice, permette di ottenere ottimi risultati già con un passo di .1 sec. La funzione sin(t) o cos(t), soluzione di questo moto, viene così trovata in un intero periodo con solo circa trenta passi. Si vede quindi come, con questo approccio, si può calcolare x(t) e v(t) con uno sforzo assai piccolo, realizzabile per esempio anche con un semplice tascabile programmabile.

L'altro punto da sottolineare è che basta cambiare un solo rigo di codice nel programma, quello che contiene l'espressione dell'accelerazione, per studiare un altro moto dovuto ad una forza diversa; questo è didatticamente molto utile.

Quando si passa a moti a 2 o 3 dimensioni, il che implica solo un piccolo allungamento del programma per tener conto delle componenti della forza, diventa molto utile poter disporre di un videografico per visualizzare i grafici ed evitare di doverli costruire a mano a partire da lunghe tabelle di numeri. La grafica di quasi tutti i personal computer attualmente disponibili è più che sufficiente allo scopo.

Per meglio illustrare come si può approfondire lo studio delle equazioni

del moto, in fig. 2 sono riportati alcuni esempi di esecuzione di SOLAR [6], un programma interattivo grafico con cui si studiano moti di corpi sotto l'azione di forze centrali. In fig. 2a e 2b sono illustrate due orbite chiuse di due pianeti di ugual massa, che interagiscono con la stessa stella. In fig. 2c è illustrato il moto dei due pianeti, quando entrambi interagiscono con la stella e fra loro con le stesse condizioni iniziali dei moti singoli precedenti. È evidente la perturbazione dell'orbita del pianeta più interno.

Con questo approccio è possibile studiare anche forze che tradizionalmente non vengono affrontate perché "difficili"; si può quindi allargare lo studio a diversi tipi di forze. In fig. 2d è riportato il moto di un pianeta sottoposto ad una forza proporzionale al quadrato della distanza; la zona non accessibile al pianeta è molto evidente.

La sottolineatura degli aspetti didatticamente positivi dell'approccio numerico alle equazioni del moto, non va intesa come alternativa alla soluzione analitica, dove esistono gli strumenti per quest'ultima. Sviluppare parallelamente l'approccio numerico a quello analitico, dove si può fare, è molto utile; permette di affrontare i primi elementi dello studio delle approssimazioni e degli errori del metodo numerico e di trattare casi che non ammettono soluzioni analitiche.

L'approccio numerico può anche essere molto utile per affrontare lo studio della meccanica mediante i principi variazionali. Varrebbe anche la pena di discutere in che modo l'approccio numerico può essere utilizzato come uno strumento formale autosufficiente per la descrizione di fenomeni fisici; per brevità questi argomenti non sono sviluppati.

3.2. La simulazione su elaboratore

In questo paragrafo viene posto l'accento sul ruolo che la simulazione su elaboratore può svolgere nell'insegnamento della fisica [7]. Tutte le altre modalità d'uso didattico dell'elaboratore: tutoriale, esercitazioni guidate, problem solving, valutazione dell'apprendimento, ecc. possono essere utilmente impiegate nella didattica della fisica. Sviluppare qui il discorso sulla simulazione non intende indicare questa modalità come l'uso più opportuno in fisica, posizione che sarebbe scorretta, ma sottolineare alcuni contributi che la simulazione può apportare e che sono particolarmente significativi.

Il termine "simulazione su elaboratore" è inteso in accezioni molto diverse; è pertanto difficile, e forse anche inutile, tentarne una definizione. Quello che può tornare di aiuto è una classificazione delle funzioni che i programmi didattici di simulazione possono svolgere nell'insegnamento della fisica.

Prima di illustrare questa classificazione, che come ogni altra è un po' rigida e non tiene conto delle zone di confine, è opportuno considerare perché i programmi di simulazione, fra tutte le modalità AED, sono molto diffusi. Una delle ragioni risiede nel fatto che in moltissime branche della ricerca in fisica la simulazione
è molto usata e spesso indispensabile; questa consuetudine alimentata da convizioni sulla significatività di questo strumento di lavoro, tende a trasferirsi anche nella ricerca didattica in AED e quindi nei programmi che vengono realizzati. È vero anche che spesso i programmi di simulazione possono essere resi divertenti, con l'introduzione di elementi ludici e motivazionali. Un ultimo aspetto, certamente non trascurabile, sta nel fatto che spesso i programmi di simulazione si possono facilmente integrare in uno schema didattico tradizionale, senza doverlo modificare profondamente.

3.2.1. Simulazione di "ambienti didattici"

Un obiettivo didattico molto importante nella formazione degli studenti di fisica è lo sviluppo dell'intuizione fisica, della capacità cioè di rendersi conto globalmente di come un sistema fisico si comporta in certe situazioni. Per aiutare lo studente ad acquistare e sviluppare questa capacità, possono essere utili programmi di simulazione progettati per realizzare "ambienti didattici" con cui lo studente può interagire per comprenderne le caratteristiche. Questi "ambienti didattici" possono essere modellizzazioni di sistemi naturali, sia nello spazio delle configurazioni che in spazi astratti; modelli di sistemi immaginari in cui alcune variabili fisiche fondamentali sono state alterate; rappresentazioni di ambienti astratti, ecc.

Per esempio, l'interazione dello studente con l'"ambiente didattico" può avvenire attraverso la specifica del modello e delle condizioni al contorno; mediante ripetute manipolazioni del modello e lo studio della risposta ad esse, si comprende il comportamento del sistema descritto dal modello.

In fig. 3 è riportata l'hard copy di un esempio di esecuzione di un insieme di trasformazioni termodinamiche reversibili eseguito mediante PRIMO-PRINC [8], un programma che simula il comportamento di sistemi fisici descrivibili come gas perfetti. Lo studente sceglie il gas, le condizioni al contorno e le trasformazioni che vuole simulare; gli viene costruito il grafico della trasformazione nel piano (P,V) insieme con i dati relativi al lavoro, al calore ed all'energia interna, relativi alla trasformazione effettuata. La manipolazione di questo "ambiente didattico" permette di approfondire la conoscenza delle trasformazioni reversibili di un gas perfetto e del contenuto del primo principio della termodinamica.

In fig. 4 è riportato un decadimento radioattivo di due specie in cascata; la simulazione è stata realizzata con DINAMPOP [9], un programma che studia un sistema di due popolazioni interagenti. L'interazione è descritta da un sistema di due equazioni differenziali accoppiate.

La fascia di fenomeni descrivibile da questo "ambiente didattico" è molto vasta, dalle dinamiche di popolazioni tipo preda-predatore, alle cinetiche chimiche, ai decadimenti radioattivi, ecc. Lo studente specifica il modello che vuole usare scegliendo i valori dei 24 parametri che lo definiscono, le condizioni iniziali ed il tempo in cui vuole seguire l'evolu-

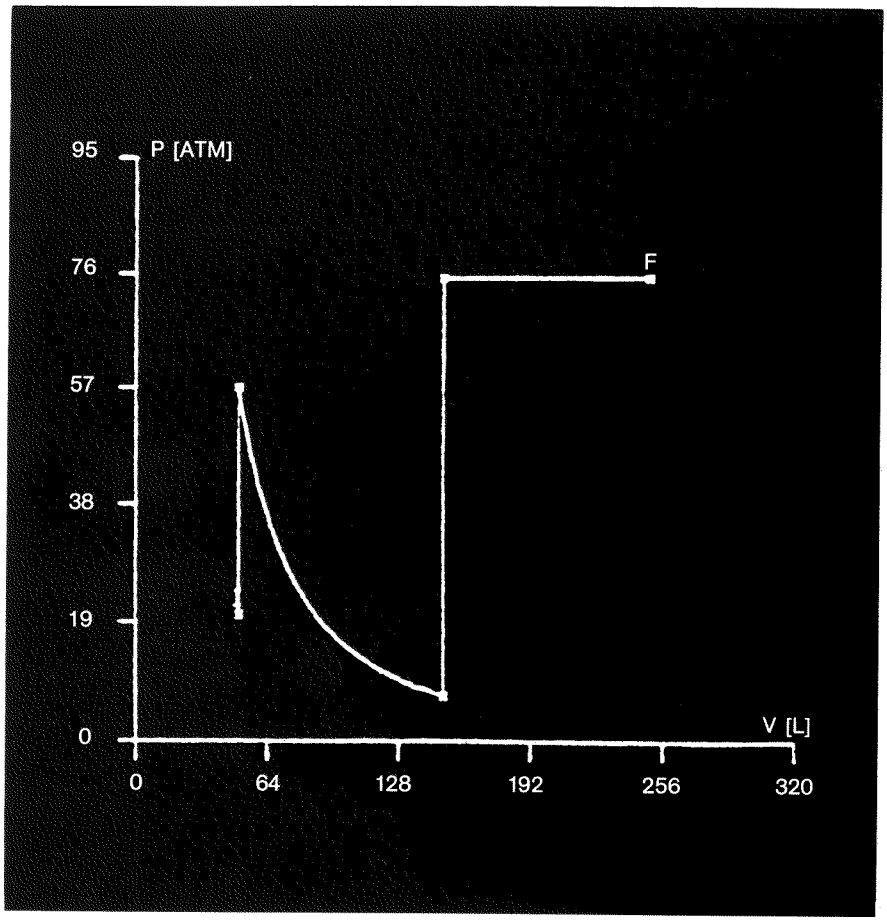


Fig. 3 - Trasformazioni termodinamiche reversibili di un sistema descrivibile come gas-perfetto.

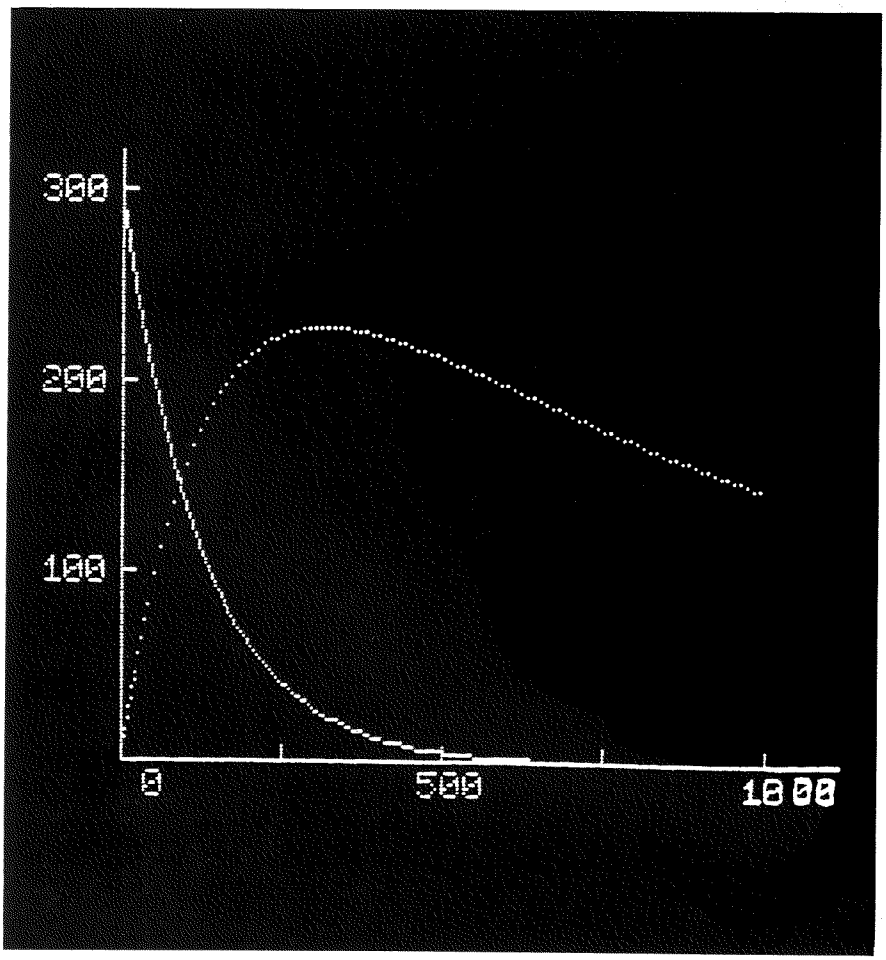
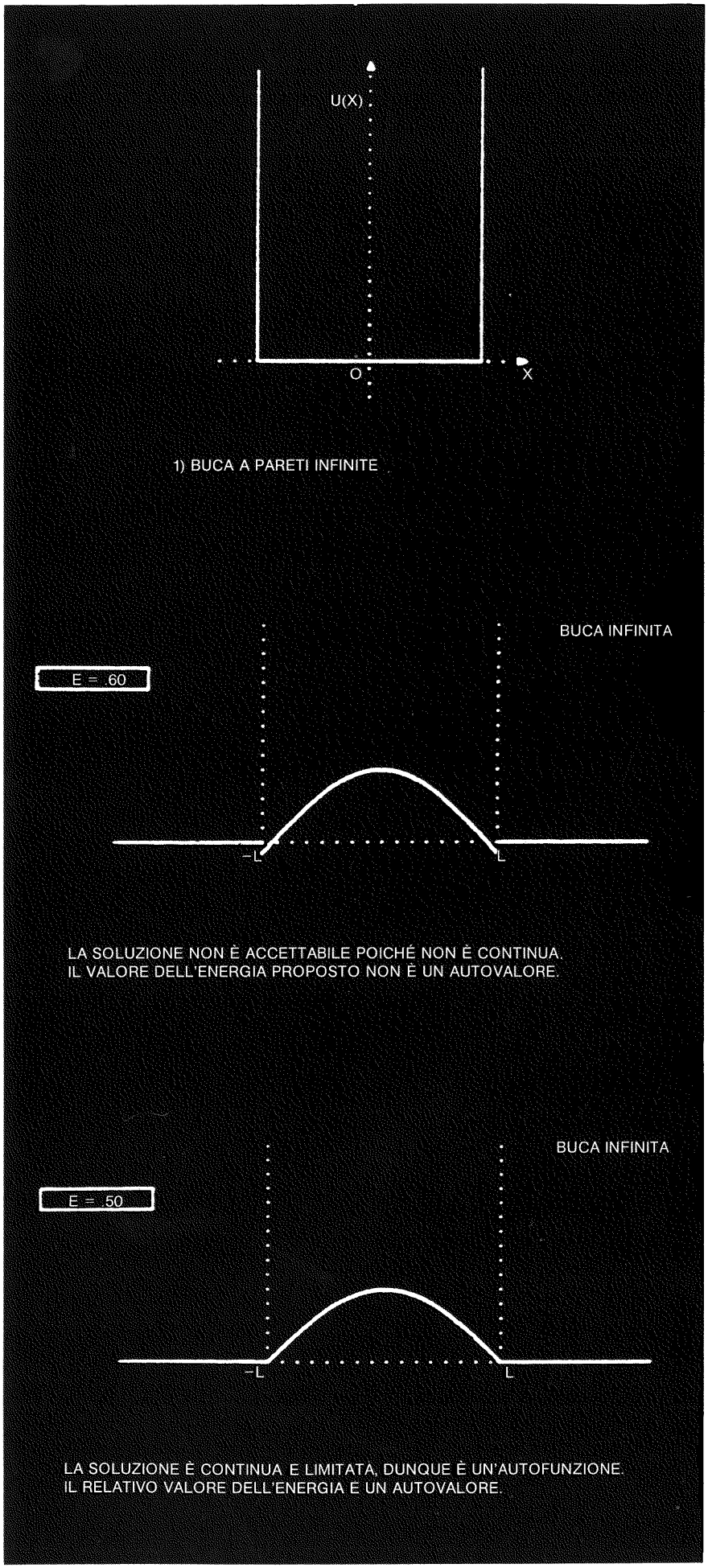


Fig. 4 - Decadimento di 2 specie radioattive in cascata; il grafico si riferisce al processo

$$_{84}Po^{218} \longrightarrow {}_{82}Pb^{214} \longrightarrow {}_{83}Bi^{212}$$

fig. 5 - Esempio di esecuzione del programma SCHROE: la soluzione per un valore dell'energia E = .6 (unità naturali) non è continua ai bordi della buca; il valore E = .5 è invece identificato come autovalore.



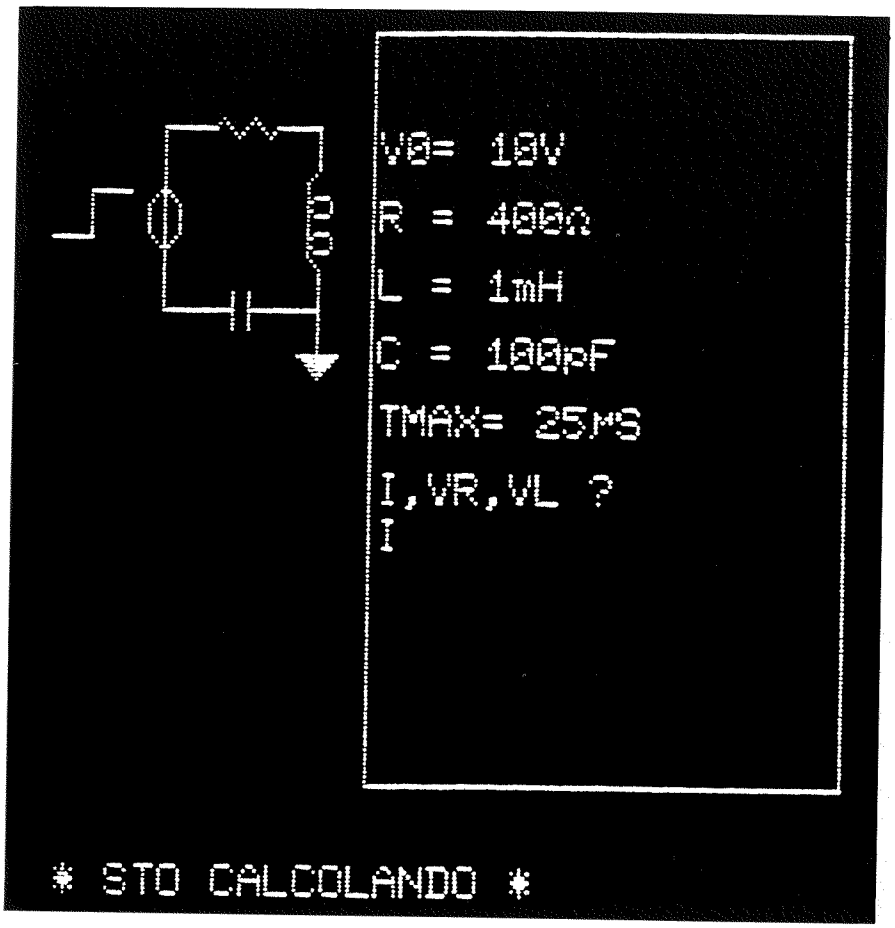


Fig. 6a - CIRCUITI: scelta dei parametri del circuito, dell'alimentazione e del tempo in cui si vuole vedere l'andamento della corrente.

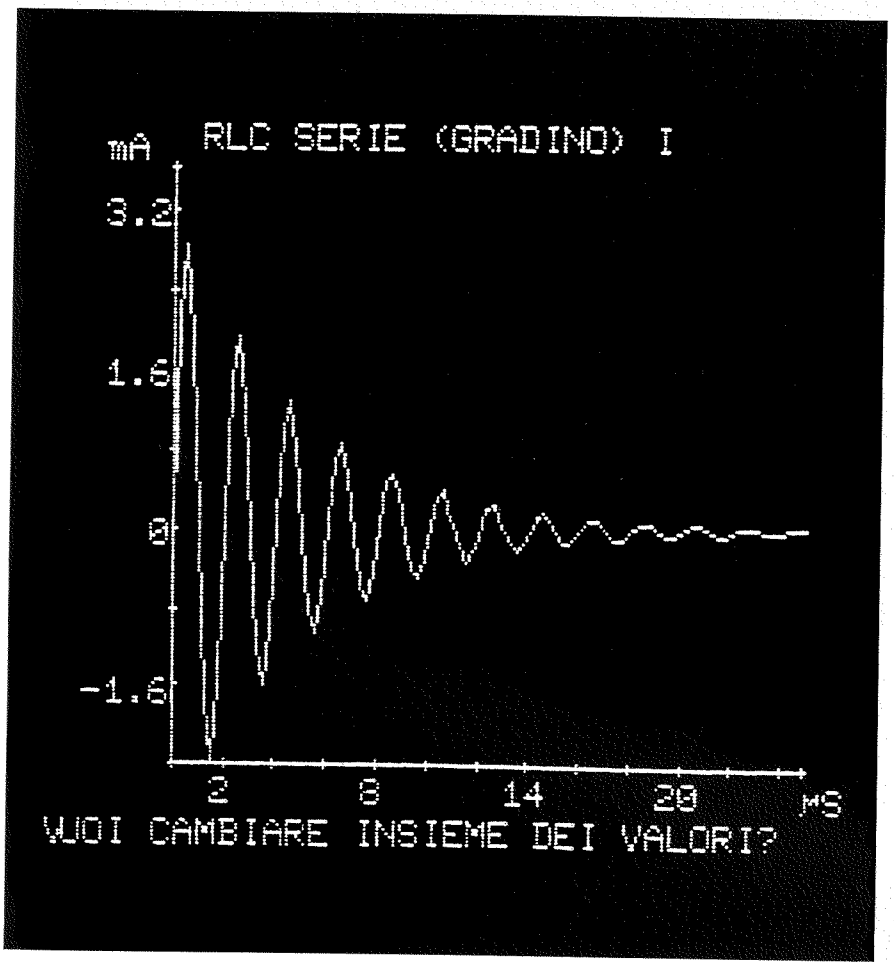


Fig. 6b - Andamento temporale della corrente per il circuito RCL nelle condizioni definite dalla Fig. 6a.

zione del sistema; gli viene presentato l'andamento temporale delle popolazioni, ottenuto integrando numericamente il sistema di equazioni.

In fig. 5 sono riportate esempi di esecuzione di SCHROE [10], un programma grafico interattivo che costruisce numericamente la soluzione dell'equazione di Schroedinger unidimensionale ed indipendente dal tempo per potenziali come: buca quadrata, oscillatore armonico, buca a sella. Facendosi guidare dalle condizioni al contorno, lo studente trova le autofunzioni e gli autovalori del problema.

Questi sono solo alcuni esempi delle possibilità offerte dalla simulazione di "ambienti didattici" e si riferiscono a prodotti AED sviluppati e sperimentati nell'ambito del progetto DAE [11, 12, 13] dell'Università di Napoli. Molti programmi che ricadono in questa categoria sono stati prodotti ed usati, sia in Italia [14] che all'estero [2, 15, 16, 17]; è opinione comune che l'integrazione di questi strumenti didattici nello studio di un argomento di fisica contribuisce a facilitarne l'apprendimento.

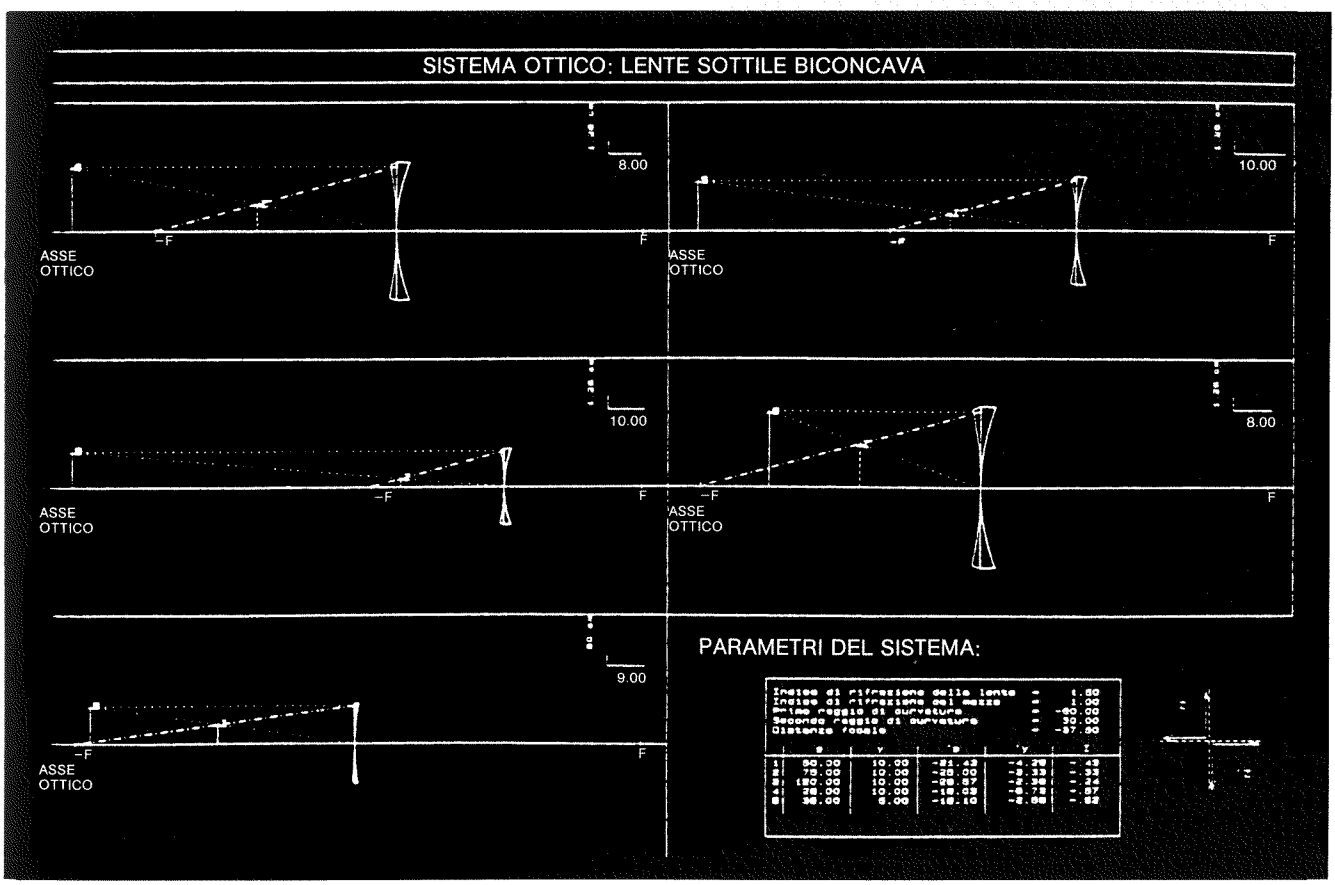
3.2.2. Simulazione di esperimenti di laboratorio

La simulazione può rendere accessibili esperimenti diffici e/o impossibili da realizzare in laboratorio, come esperimenti astronomici, pericolosi, troppo lunghi o noiosi, ecc.; si amplia così l'esperienza che uno studente può acquisire

È chiaro che la simulazione non è alternativa o sostitutiva dell'esperienza di laboratorio, essenziale nella formazione di uno studente di fisica, ma che va utilizzata in parallelo; si ha così a disposizione uno strumento per effettuare in brevissimo tempo molte varianti dell'esperimento simulato. La scala di tempo accorciata rispetto al reale aumenta la possibilità di indagine ed aiuta a rendersi conto del risultato di un esperimento al variare delle condizioni al contorno. In fig. 6 è riportata una simulazione del comportamento di un circuito RLC alimentato in continua; è stata realizzata con CIRCUITI [18], un programma per lo studio di circuiti ad elementi passivi. Lo studente sceglie la topologia del circuito, i valori dei componenti ed i parametri dell'alimentazione ed ottiene in risposta il grafico temporale di corrente, tensione, carica a sua scelta. Date le sue caratteristiche, CIRCUITI può essere un utile complemento per un laboratorio di circuitistica elementare.

In fig. 7 è riportato un esempio di simulazione del comportamento di una lente sottile, ottenuto mediante il programma OPTIK [19]. Questo programma studia la formazione di immagini attraverso lenti sottili e spesse; lo studente sceglie il sistema ottico che vuole studiare ed i parametri che lo definiscono, la distanza della sorgente dal sistema e la sua dimensione e riceve in risposta la costruzione per raggi dell'immagine. OPTIK può essere anche un utile complemento per un laboratorio di ottica elementare.

Fig. 7 - Esempio di esecuzione di OPTIK



4. Situazione attuale

Per coloro che oggi volessero sperimentare l'introduzione di materiale didattico AED (courseware) nei loro corsi, in particolare nell'insegnamento della fisica, la situazione si presenta abbastanza favorevole [20]. Per quel che riguarda l'hardware, in molti ambienti scolastici già esistono elaboratori, spesso di tipo personal, ed in ogni caso l'investimento necessario per procurarsi risorse di questo tipo sta costantemente calando nel tempo. Il courseware che può essere usato come supporto ad argomenti di fisica (e che spesso gira su personal) ha una lista di titoli vasta ed è in continua espansione, se si considera anche il materiale in lingue straniere.

Piuttosto il problema è quello di orientarsi fra i vari prodotti e selezionare, specialmente fra il courseware reclamizzato dal mercato, il materiale didatticamente valido. Fino ad oggi la disseminazione del courseware è avvenuta per iniziative personali; questa modalità che è naturale ed efficiente in una fase iniziale, non è più valida quando l'interesse per l'uso di materiale AED e le conseguenti richieste d'uso si moltiplicano. Purtroppo in Italia non sono finora presenti istituzioni senza scopo di lucro (cfr. la CONDUIT in USA) che si occupano di validare e distribuire courseware, funzionando da punto di riferimento per informazioni e consulenza.

Nell'80 il gruppo di lavoro AICA-AED, che raccoglie la maggioranza dei gruppi di ricerca operanti nel settore, ha costruito un catalogo [21] del courseware disponibile in italiano, ma la situazione in questo campo evolve molto rapidamente ed oggi si avverte sempre più l'esigenza di avere una struttura che possa disseminare informazioni aggiornate, distribuire courseware validato ed offrire consulenza per problemi di portabilità ed installazione, ecc.

I gruppi di ricerca e sperimentazione didattica nel settore AED possono e devono fornire contributi di iniziativa e sensibilizzazione perché si concreti una struttura che risponda alle esigenze su descritte, ma non hanno le forze nè questo fa parte dei loro compiti istituzionali, per surrogare su questi piani. Un altro punto molto rilevante è l'aggiornamento dei docenti che intendono effettuare esperienze AED nei loro corsi. Attualmente molti di essi, che sono ottimi docenti e che sono interessati a sperimentazioni di didattica con l'elaboratore, mancano di nozioni di informatica di base, per l'assenza di questa disciplina nei loro curricula di formazione. È necessario quindi fornire elementi di orientamento per un approccio culturalmente corretto all'uso di queste tecnologie didattiche. Il gruppo AICA-AED, in collaborazione con la Scuola Estiva di Informatica dell'università di Lecce, nell'82 ha realizzato il primo Seminario Residenziale sulle AED a cui hanno partecipato trenta docenti da tutte le regioni italiane, ma iniziative di questo tipo che coinvolgono piccoli numeri, dato il loro carattere operativo, possono solo essere stimoli per interventi di dimensione significativa.

Concludendo la linea di tendenza che si sta chiaramente evidenziando è che le AED in generale, ma il loro uso in fisica è particolarmente significativo, stanno passando da una fase di sperimentazione ed applicazione in particolari situazioni ad un fase di diffusione generalizzata. Questa transizione è trainata da vari fattori: esigenze didattiche, sviluppo della tecnologia, pressione del mercato, ecc. e sarà un processo veloce. È quindi rilevante, in questa fase, che i gruppi di ricerca che operano nel settore stimolino iniziative volte a diffondere approcci culturalmente corretti e capacità di intervento.

5. Bibliografia

[1] Gilbert L.A., *Microelectronics in education: two types of innovation, two strategies,* Int. J. Man-Machine Studies 17 (1982) 3-14

[2] Bork A., *Learning with computers,* Digital Press, 1981

[3] Sherwin C., *Basic concepts of physics,* Holt Rinehart and Winston, 1961

[4] Feynman R., *La fisica di Feynman,* Inter European Editions, 1975

[5] Greenspan D., *Computer oriented mathemathical physics,* Pergamon Press, Oxford 1981

[6] Balzano E., Roca V., SOLAR e GASCIN: *Due programmi di simulazione per lo studio di moti in campi centrali e della teoria cinetica dei gas.* Comunicazione alla giornata di lavoro su "Il ruolo dell'elaboratore nella didattica della fisica", Pavia, 26-5-83

[7] Sassi E., Spadaccini G., *Didattica della fisica e simulazione su elaboratore: problemi e prospettive,* in corso di stampa sugli Atti del Convegno sulla meccanica, GNDF-CNR, Palermo 7-9 ottobre 1982

[8] Avitabile G., Russo E., Sassi E., Spadaccini G., *Didattica Assistita da Elaboratore: un programma grafico interattivo per lo studio del I principio della termodinamica,* Bollettino SIF 117 (1979) 88

[9] Avitabile G., Lepore U., Sassi E., DINAMPOP: *Un programma didattico per la simulazione di due popolazioni interagenti,* sottoposto al XXII Congresso AICA, settembre 1983

[10] Avitabile G., Chioccariello A., Mosca P., Russo E., Sassi E., Spadaccini G., *Computer Assisted Learning: a graphic dialogue on Schroedinger's equation,* ACM SIGCUE Bulletin, 15 (1982) 14-24

[11] Avitabile G., Russo E., Sassi E., Spadaccini G., *Il progetto Didattica Assistita da Elaboratore (DAE) della facoltà di Scienze dell'università di Napoli: esperienze ed orientamenti,* Rivista di Informatica XI, suppl. 3 (1979) 93

[12] Avitabile G., Formisano M.R., Russo E., Sassi E., Spadaccini, *Applicazioni degli Elaboratori nella Didattica: esperienze e prospettive del progetto DAE a Napoli,* Atti del XX Congresso AICA, Pavia 1981, pg. 1173-1181

[13] Avitabile G., Russo E., Sassi E., DAE *(Didattica Assistita da Elaboratore): esperienze sull'uso di un grosso calcolatore nella didattica di materie non informatiche nell'università,* Atti del convegno CILEA su "L'università e l'evoluzione delle tecnologie informatiche", Milano 14-16/3/83, vol. II pg. 1.1

[14] Borghi L. De Ambrosis A., Gazzaniga G., Ironi L., Mascheretti P., Massara C.I., *Esperienze sull'uso dell'elaboratore nell'insegnamento di alcuni argomenti di meccanica presso l'università di Pavia,* Atti del Convegno CILEA su "L'università e l'evoluzione delle tecnologie informatiche", Milano 14-16/3/83, vol. II pg. 16.1

[15] Hinton T., *Computer assisted learning in Physics,* Computer and Education 2 (1978) 71-78

[16] Mc Kenzie J., Elton L., Lewis R., *Interactive computer graphic in scienze teaching,* Ellis Horwood ltd, Chichester, 1978

[17] Lewis R., Tagg E.D., *Computer assisted learning: scope, progress and limits,* North-Holland, Amsterdam, 1980

[18] Chioccariello A., Olimpo G., Sassi E., Spadaccini G., Bollettino SIF 124 (1981) 84

[19] Chioccariello A., Sassi E., Spadaccini G., *Didattica assistita da elaboratore: un programma interattivo grafico per lo studio di sistemi semplici di lenti,* Bollettino SIF 124 (1981) 89

[20] Italiani M., Olimpo G., *L'evoluzione delle tecnologie informatiche e la didattica nelle università,* Atti del Convegno CILEA su "L'università e l'evoluzione delle tecnologie informatiche" Milano 14-16/83 vol. I pg. 3.1

[21] AICA-AED, L'elaboratore nella didattica: elenco degli Enti e del Materiale prodotto ed utilizzato, 1980

NOTA - Questo lavoro è stato in parte finanziato dal fondo CNR n. CTB81/0561

L'elaboratore nell'insegnamento della geografia

L. SPARKS

S. David University College
Lampeter (U.K.)

1. Introduzione

Scopo di questo articolo è di fornire un'introduzione al ruolo che i microelaboratori possono avere nell'insegnamento della geografia a livello universitario. L'articolo è diviso in due parti; la prima presenta considerazioni generali circa l'impiego dei microcomputer nei dipartimenti di geografia in gran Bretagna, la seconda illustra alcuni aspetti dell'attività svolta presso l'università di Lampeter, dove insegna l'autore.

2. L'esperienza presso le università inglesi

Una conferenza, organizzata alla fine del 1981, su "I microcomputer nell'insegnamento superiore della geografia" vide una affluenza di oltre cento delegati. Nella relazione introduttiva venne fatto il quadro dell'uso di tale strumento nei dipartimenti di geografia delle università in Gran Bretagna.

La maggioranza dei dipartimenti di geografia erano dotati a quella data di uno o due microcomputer, ma alcuni anche di un numero maggiore, per es. Sheffield di 9 e Liverpool di 7. Ovviamente il potenziale impiego di una singola macchina è assai diverso da quello di un laboratorio pieno di macchine, come può essere un Centro di calcolo. L'uso del microcomputer dipartimentale deve quindi essere visto in modo complementare all'impiego di altre risorse di elaborazione.

I vantaggi del microcomputer rispetto al mainframe sono di diversa natura, economica e funzionale. Tali vantaggi si possono in fondo ricondurre al fatto che un microcomputer è più "user friendly" che non un remoto mainframe. Generalmente l'obiettivo del dipartimento è di usare il microcomputer come macchina dedicata, cioè adibita ad uno specifico compito. Tali usi includono, ed esempio, il controllo di esperimenti fisici di laboratorio. L'obiettivo di questo scritto riguarda, però, il ruolo dell'elaboratore nell'insegnamento diretto, che rispecchia l'attuale area di maggior interesse dei dipartimenti di geografia.

L'aiuto diretto alla didattica dovrebbe costituire il nocciolo dell'uso dei microcomputer nei dipartimenti di geografia. La presenza di alcune di tali macchine nel dipartimento permette interessanti completamenti e verifiche dell'insegnamento formale, nonchè un utile impiego in seminari. Oltre a ciò, il microcomputer può essere usato come strumento per il reperimento di dati, a disposizione sia degli studenti che dello staff docente. Per esempio, vi si potrebbero inserire dettagli bibliografici relativi alle varie lezioni, oppure dati statistici o informazioni analitiche. Tuttavia, l'impiego principale di tali macchine rimane quello prima accennato, ciò come strumento diretto di didattica.

L'elaboratore può essere usato dal docente come supporto per introdurre idee già presentate in lezioni o seminari. Per realizzare effettivamente questo stile di insegnamento, occorre disporre di specifici programmi. L'attuale scarsità di buoni programmi e programmatori nel campo della geografia è causa di un sottoimpiego dei microelaboratori in tale disciplina.

Durante la conferenza citata all'inizio, si è cercato di identificare l'uso attualmente fatto dai dipartimenti dei loro microcomputer. Dato il numero piuttosto limitato di macchine disponibili in un singolo dipartimento, i risultati sono abbastanza sorprendenti. Gli impieghi maggiori sono risultati essere nelle aree seguenti:

- analisi di dati
- grafica e generazione di mappe
- insegnamento della programmazione.

L'uso del microcomputer per applicazioni grafiche dovrebbe essere una delle ragioni dell'acquisto di tali macchine; meno proprio risulta essere il loro impiego per corsi di programmazione. Parimenti, l'uso dei microelaboratori per l'analisi di dati presenta benefici in termini di precisione dei risultati ottenuti e di aumento della disponibilità di tempo per la discussione. Tuttavia, il loro uso semplicemente come "supercalcolatrici" rappresenta una grossa sottoutilizzazione di tali macchine.

Un efficiente uso del microelaboratore può richiedere un cambiamento importante del modo in cui i concetti sono presentati nelle lezioni e nei seminari. Per esempio, lo studio delle correnti fluviali basato sull'equazione di Manning, dovrebbe portare lo studente ad usare il software che incorpora la struttura matematica dell'equazione di Manning. Dopo la fase iniziale di presentazione del modello, è essenziale una fase di approfondimento sul metodo, per evitare che lo studente sia soltanto capace di premere i tasti della macchina per ottenere i risultati desiderati. Per una didattica efficace, più che l'uso di complessi programmi di simulazione, sono utili programmi relativamente semplici che integrino quanto detto in lezione. Questo tipo di programmi ha tre usi principali:

- offrire occasioni e disponibilità di tempo per discutere il problema trattato
- incoraggiare la sperimentazione da parte dello studente
- aiutare la comprensione dei concetti coinvolti nel problema.

Attualmente vi sono troppo pochi docenti consci delle potenzialità di queste macchine, ed ancora più pochi sono quelli che hanno una sufficiente competenza in termini di programmazione. Anche se gli sforzi da parte di enti centrali, quali il GAPE (Geographical Association Program Exchange) ed il Chelsea College, sono encomiabili, rimane la sensazione che i programmi finora sviluppati siano spesso inapplicabili ai corsi ed alle attrezzature attuali dei dipartimenti di geografia. Il processo di apprendimento si realizza meglio attraverso programmi che incoraggiano sviluppi e interventi diretti da parte dello studente, che non attraverso programmi da usare come "scatola nera".

In Gran Bretagna, il governo si è impegnato alla introduzione in tempi brevi del microelaboratore nella scuola. È probabile che in questo programma venga data la precedenza alla scuola primaria e secondaria. Chi entrerà nell'università dovrebbe quindi possedere una notevole familiarità coi microcomputer. Quando questi studenti arriveranno nei dipartimenti di geografia delle università, troveranno che, salvo eccezioni, i loro docenti ne sapranno meno di loro sull'uso degli elaboratori. È perciò urgente istruire i docenti sia sui metodi di programmazione che sulle possibilità offerte da queste macchine. Dei semplici programmi che aiutino il docente nel loro lavoro, sono il miglior modo per avviare questo processo.

3. Un esempio di applicazione: modelli idrologici

Presso il dipartimento di geografia del S. Daniel University College di Lampeter esiste da qualche anno un laboratorio di microcomputer ed è stata sviluppata una serie di programmi aventi lo scopo di fornire ai docenti un sussidio didattico nella presentazione di concetti in varie aree di problemi. Come esempio dello stile didattico e dell'uso di tali programmi, presentiamo qui alcune applicazioni alla idrologia.

Si fa riferimento alla modellistica che implica il calcolo di due equazioni, che hanno ampie applicazioni anche in aree affini, e cioè l'equazione di Manning, che fornisce la velocità di una corrente in funzione delle caratteristiche dell'alveolo, e l'equazione di Kirkby, che stabilisce l'evoluzione di un bacino in relazione alle condizioni imbrifere.

Le variabili di queste due equazioni possono essere illustrate con lezioni in aula, seguite da esercitazioni di laboratorio, dalla realizzazione fisica di modelli e da attività in campo. L'equazione di Manning, in particolare, costituisce una eccellente base teorica per una indagine idrologica quantitativa in campo. Si può assegnare a gruppi di studenti l'incarico di misurare le caratteristiche della corrente in un numero di casi specifici, e di calcolare poi altre caratteristiche (ad es. il coefficiente di rugosità dell'alveolo).

Il confronto dei risultati ottenuti dai vari gruppi o da uno stesso gruppo su tratti diversi, offre una eccellente occasione per discutere le tecniche di misura o la validità del modello. Parimenti, l'equazione di Kirkby costituisce uno schema teorico per illustrare l'effetto di strategie alternative di raccolta di risorse idriche.

Se esaminiamo il "listing" dei programmi usati, si può constatare che la parte matematica del programma è banale e può essere facilmente compresa dallo studente. Questa parte costituisce inoltre una piccola parte del programma complessivo. I programmi sono, in realtà, piuttosto lunghi perchè sono stati sviluppati in modo che l'utente possa interagire nel modo più semplice con la macchina.

Lo studente può essere facilmente condotto passo-passo attraverso la logica del programma. La facilità d'uso, se da un lato aumenta la lunghezza del programma, dall'altro ha un considerevole influsso positivo sull'uso didattico.

Due programmi sono stati specificamente sviluppati con tale intendimento. Essi forniscono una coerente introduzione ai modelli/equazioni presentate in lezione e possono essere usati per ulteriori spiegazioni ed esperimenti. La velocità di risposta, in termini sia numerico che grafico, incoraggia lo studente alla sperimentazione, oltre a lasciare più tempo per la discussione. Ad esempio, il software relativo al modello di Manning può essere usato dopo la raccolta di dati in campo, coi seguenti vantaggi:

a) Alcuni gruppi di studenti possono usare il microcomputer puramente come una "supercalcolatrice", ottenendo i risultati in modo veloce e accurato. Ciò lascia loro più tempo per la discussione, il lavoro in campo e l'interpretazione dei risultati. Il beneficio derivante è, in sintesi, il fatto che vengono eliminati gli aspetti routinari di calcolo e spostata l'attenzione sugli aspetti concettuali.
b) Viene incoraggiata la sperimentazione con differenti insiemi di dati. Ciò invita a discutere la diversità dei risultati e ad individuarne le cause.

Oltre che per il lavoro di gruppo, entrambi i programmi possono essere utilizzati dal singolo studente, ad esempio per fare una "tesina". La possibilità di analisi veloce ed accu-

rata di grandi quantità di dati (per es. lo stesso tipo di misure ripetute su un certo arco di tempo) elimina la noia del calcolo manuale e incoraggia il lavoro di interpretazione dei dati raccolti.

4. Conclusioni

Se impostato opportunamente, l'impiego dell'elaboratore costituisce un valido sussidio nell'insegnamento della geografia.

Oltre che per la comprensione degli aspetti fisici della disciplina, esso può essere utilizzato per studiarne gli aspetti che interessano direttamente l'uomo. Ad esempio, il programma sviluppato per il modello di Manning può essere collegato a tecniche di gestione delle inondazioni e del territorio. Le applicazioni dell'elaboratore all'insegnamento della geografia sono ancora sostanzialmente all'inizio ed esiste un ampio spazio per sviluppi di grande utilità ed interesse.

L'elaboratore nella educazione musicale

P. LORTON
University of S. Francisco, U.S.A.
W. KUHN
Stanford University, U.S.A.

1. Introduzione

Una educazione musicale di base deve prevedere che l'allievo venga esercitato a coordinare l'udito, la vista e le mani in risposta a sistematici stimoli musicali. Scale, intervalli, triadi, armonie, ritmi e melodie devono essere viste, sentite e suonate. Questo rappresenta un processo costoso in termini di tempo-docente e costituisce perciò un terreno ideale per un approccio didattico basato sull'elaboratore.

Come naturale coronamento di oltre un decennio di studi in quest'area, due anni or sono abbiamo definito un sistema basato su microcomputer per un corso CAI di educazione musicale di base. Il lavoro precedente ci aveva fornito idee precise sui componenti necessari per realizzare un tale sistema. L' hardware richiesto doveva essere in grado di visualizzare le notazioni musicali standard, doveva includere una sorgente di suoni, controllata dall'elaboratore, capace di generare suoni di qualità musicale, ed avere un dispositivo appropriato per l'interazione tra l'allievo e il sistema. Oltre a ciò, poiché il nostro obiettivo era di costruire un sistema valido dal punto di vista economico, questi componenti dovevano essere di tipo standard e di facile manutenzione.

Grazie ad una sovvenzione della "Foundation for the Advancement of Computer Aided Education", abbiamo potuto acquisire tutto il materiale necessario e portare a termine il progetto.

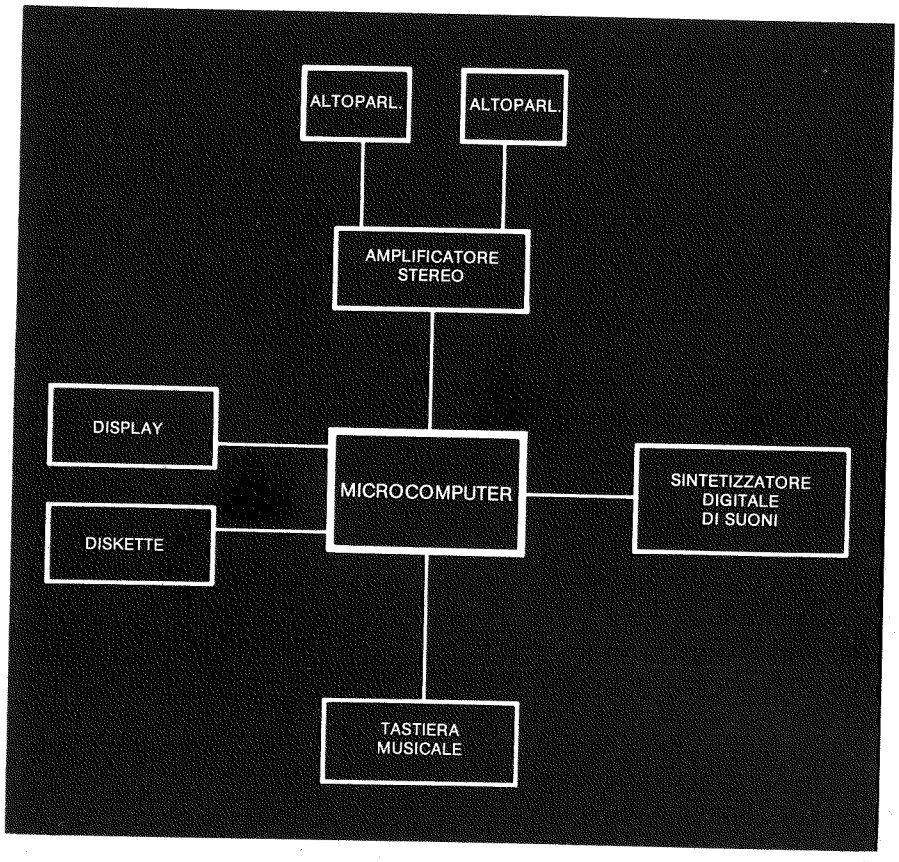


Fig. 1 - L'hardware del sistema

2. Il sistema

La configurazione hardware è schematizzata in fig. 1, e consiste sostanzialmente di un microcomputer, un sintetizzatore di suoni ed una tastiera di tipo musicale.

Il microcomputer fornisce sia le capacità grafiche necessarie per rappresentare le notazioni musicali standard che il supporto occorrente per gestire le altri parti del sistema.

Il sintetizzatore musicale a 16 voci (della "Mountain Computer Music System") costituisce l'hardware per la generazione dei suoni musicali, generati sotto controllo del microcomputer.

La tastiera (della "Alpha Syntauri") è il pezzo chiave del sistema. In particolare, grazie alla sua velocità, rende possibile al programma che controlla tutto il processo, di conoscere con estrema precisione ciò che lo studente ha suonato. Questo fatto è particolarmente importante nelle esercitazioni di dettato musicale.

Con questi componenti hardware è stato possibile costruire un sistema veramente efficace di istruzione musicale, che consente di esercitare ed affinare il coordinamento dell' udito, della vista e delle mani.

Esiste oggi un'ampia scelta di componenti hardware per la musica [1]; a nostro giudizio, tuttavia, i componenti usati, e specialmente le tastiere ad alta velocità della Alpha Syntauri, rappresentano una soluzione ottimale del problema.

Per quanto riguarda il software, uno schema di insieme è fornito in fig. 2. Si è ovviamente cercato di usare i programmi già realizzati dai costruttori dei sottosistemi hardware. Il software fornito con il "Mountain Computer Music System" costituisce un ottimo strumento per la composizione; quello associato alla tastiera "Alpha Syntauri" fornisce tutto ciò che serve per l'esecuzione dei pezzi musicali. Entrambi i moduli consentono una flessibile definizione degli strumenti musicali che si desiderano usare. È stato invece sviluppato ad hoc il software CAI che realizza le funzioni necessarie per la gestione del processo didattico.

3. L'applicazione

Il sistema descritto è stato utilizzato per un corso di istruzione musicale di base, inteso a fornire una "alfabetizzazione" sull'argomento e ad "educare l'orecchio". A tale scopo vengono presentati all'allievo esercizi teorici e pratici in cui la notazione musicale è correlata col suono e con l'input dalla tastiera.

Allo studente si richiede di:

1. identificare quanto eseguito dal sintetizzatore;
2. eseguire dei brani, usando la tastiera, seguendo il testo musicale presentato sul video;
3. eseguire, sempre da tastiera, dei brani a memoria.

Il corso viene sviluppato usando la tecnica del "drill and practice", interponendo "frames" esplicativi sulla natura dei suoni e sulla notazione musicale.

Il software consente tutta una serie di funzionalità. In particolre include:

- un modulo che gestisce l'iter didattico, integrando le parti interattive e quelle espositive e usando l'elaboratore per presentare la maggior parte del materiale occorrente;
- un modulo che permette allo studente di eseguire i brani musicali richiesti, su una tastiera tipo pianoforte;

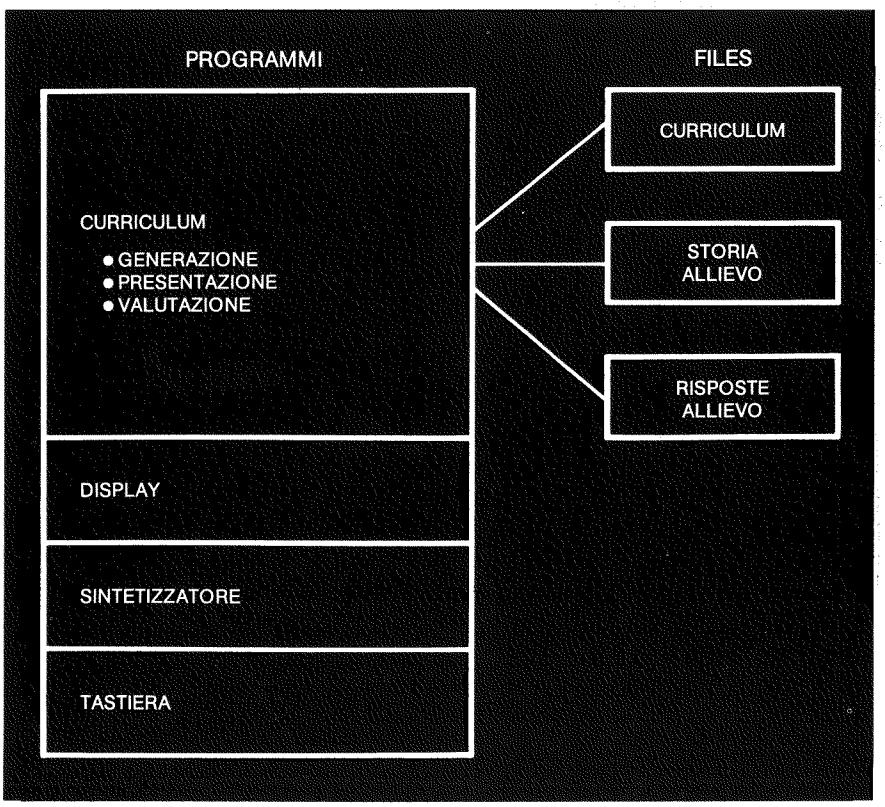


Fig. 2 - I moduli del sistema software: (a) *curriculum:* genera gli esercizi e mantiene aggiornati i files; (b) *display:* presenta i problemi e gestisce lo schermo; (c) *sintetizzatore:* genera i suoni corrispondenti alle note; (d) *tastiera:* riconosce gli input dalla tastiera e confronta con risposta corretta.

- un modulo per la registrazione e l'analisi dei risultati, ad uso del docente per la valutazione del materiale didattico.

Sono inoltre disponibili manuali per l'utente e per il docente, che forniscono una documentazione dettagliata per il miglior svolgimento di un dato curriculum, nonché istruzioni in linguaggio non tecnico che guidano nella organizzazione dei curricula.

Il risultato è un sistema musicale computerizzato attorno al quale si può realizzare un centro didattico flessibile. L'uso del sistema nella educazione musicale è limitato soltanto dalla fantasia del docente. Tutte le possibilità didattiche, dalla presentazione a gruppi dei concetti chiave della musica fino al lavoro individuale di composizione ed esecuzione di brani musicali, sono a portata di mano dell'istruttore o dell'allievo.

4. Conclusioni

La capacità intrinseca dell'approccio CAI di fornire una istruzione personalizzata fa si che il nostro sistema di educazione musicale possa essere utilizzato per vari livelli di scolarità e per un'ampia gamma di talenti e capacità individuali. Di conseguenza, l'organizzazione del curriculum è stata impostata in modo da consentire diversi "punti di ingresso", ed essere quindi utilizzata in vari tipi di scuola, da quella primaria a quella secondaria superiore.

La completezza del sistema sviluppato consente la scelta di svariate possibilità, in accordo con la strategia didattica utilizzata, quali:

- visualizzazione sullo schermo delle lezioni
- esecuzione dei suoni effettivi, per ogni esempio ed esercizio svolto
- istruzioni e orientamenti in ogni unità didattica
- messaggi di rinforzo positivo o negativo
- messaggi di errore, che segnalano quali sbagli sono stati fatti e forniscono la correzione, in termini sia sonori che visivi.
- suggerimenti allo studente su come procedere.

L'uso potenziale del sistema si può estendere dall'ambiente scolastico a quello domestico. Gli usi più ovvii sono:

- come strumento per centri di educazione musicale nelle scuole primarie e secondarie, per la realizzazione di curricula che includono tutti i più importanti concetti musicali;
- come strumento per l'addestramento dello studente di musica vero e proprio, con obiettivi quali l'esercitazione preliminare dell' orecchio, l'esecuzione di dettati di melodia e armonia, lo sviluppo di abilità manuali alla tastiera.

5. Bibliografia

[1] D. Ellis, *"Digital Synthesis"*, Windfall, 1981, 1 - 4

[2] P. Lorton, R, Killam, W. Kuhn, *"Research on Computer Assisted Instruction in Music"*, Stanford University Press, 1981.

Aspetti formativi del metodo informatico

GIORGIO OLIMPO

Istituto Tecnologie Didattiche del CNR
Genova

1. Introduzione

Il termine Informatica evoca comunemente tutto ciò che ha a che fare con l'elaborazione automatica dei dati.

Tuttavia esiste un'informatica che è soprattutto metodo di pensiero utilizzabile in una molteplicità di discipline e di settori dell'attività umana. È questa l'informatica a cui si riconosce, da molte parti, un valore formativo di grande rilievo. È tuttavia singolare il fatto che si registra spesso una certa discordanza su quali siano effettivamente i contenuti formativi dell'informatica: i diagrammi a blocchi? Il COBOL? La programmazione strutturata? Le macchine a stati finiti?

Questi, e molti altri, sono punti di vista che ripetutamente emergono ogni volta che si assiste a confronti di opinioni sui temi dell'insegnamento dell'informatica e dell'informatica nell'insegnamento. La sensazione che se ne ricava è che, soprattutto nel campo della scuola, esista una grossa esigenza di cultura informatica accompagnata tuttavia, spesso, da una certa confusione su quanto nell'informatica sia elemento formativo e quanto invece sia più contingente o comunque più appropriato a una cultura tecnico-specialistica.

Questa nota vuole proporre una risposta al problema sopra accennato: quali contenuti per una cultura informatica di base? Naturalmente il punto di vista espresso nel seguito non si pone come definitivo ma vuole piuttosto essere una prima proposta certamente parziale e suscettibile di arricchimento e modifiche.

Nel seguito si parlerà soprattutto di metodologie proprie dell'informatica senza riferimento esplicito all'uso delle macchine. Ciò non significa affermare che si possa, o, addirittura, si debba fare dell'informatica solo «sulla carta». L'uso delle macchine è certamente importante sia quale necessario elemento di cultura tecnologica, sia quale elemento di rigore e di controllo, sia infine quale spazio realizzativo e sperimentale. Tuttavia nell'ottica della formazione di base l'uso delle macchine dovrebbe essere strumentale alla acquisizione del metodo. Pertanto riteniamo utile discutere degli «strumenti intellettuali» che dovrebbero essere conferiti nella formazione di base senza particolare riferimento a come gli elaboratori dovrebbero essere utilizzati per un tale conferimento.

Gli approcci metodologici di cui vogliamo discutere sono soltanto tre: approccio algoritmico, decomposizione gerarchica (chiamata ormai correntemente col termine anglosassone «top-down») e astrazione funzionale.

Nei paragrafi seguenti viene precisato il significato attribuito a questi termini anche attraverso esempi e ne viene discussa la funzione in campo educativo.

Come si vedrà è interessante come questi strumenti presentino una duplice valenza didattica.

Essi possono essere utilizzati dal docente come strumenti di comunicazione didattica in modo, per così dire, «naturale», senza cioè che sia richiesta una approfondita preparazione preventiva agli allievi. Ed in questo caso la comunicazione didattica può diventare più incisiva, meno ambigua e più efficace. E possono essere strumenti intellettuali che gradualmente l'allievo impara ad utilizzare, da una parte quali mezzi di interpretazione, comprensione e manipolazione della realtà, e dall'altra quali mezzi di comunicazione ed espressione.

2. Approccio algoritmico

Questa nota, lungi dal proporre una nuova definizione di algoritmo, vuole semplicemente evidenziare alcuni aspetti degli algoritmi che ne fanno strumenti intellettuali di indiscusso valore formativo. Di solito un algoritmo viene definito come una sequenza di operazioni eseguibili da un qualche processore con proprietà di terminazione e di correttezza in relazione al raggiungimento di un certo risultato.

Un algoritmo può essere anche, forse più informalmente, pensato come un modello della realtà. In un algoritmo ci sono due classi di elementi, le istruzioni e i dati, a cui le istruzioni si applicano. D'altra parte gli elementi fondamentali della realtà esterna sono le attività e le «cose»

su cui le attività operano; elementi fondamentali del linguaggio sono i verbi e i nomi.

Questa analogia consente di pensare un algoritmo di volta in volta come una rappresentazione o una simulazione, o una invenzione di un frammento di realtà con fini che possono essere l'espressione e la comunicazione, la previsione e il calcolo o infine l'azione diretta sulla realtà stessa. Nell'algoritmo la definizione del dato corrisponde ad un modello, per così dire, statico della realtà; mentre le istruzioni forniscono le regole che fanno evolvere il modello statico attraverso stati successivi.

Questa natura duale degli algoritmi suggerisce tre classi di applicazioni possibili in un contesto di formazione di base e cioè:

- rappresentazione di sequenze di azioni;
- rappresentazione di «cose»;
- rappresentazione di situazioni in cui le azioni interagiscono con le cose

(naturalmente le prime due situazioni non sono che casi particolari della terza).

È importante notare che molte applicazioni sono possibili anche al di fuori dell'ambito strettamente matematico in cui spesso gli algoritmi sono confinati.

Rappresentazione di sequenze di azioni

Le sequenze di azioni «pure» sono forse tra le forme di algoritmo più semplice e possono quindi essere introdotte anche molto precocemente. Con un poco di fantasia è possibile trovare moltissimi esempi, anche di natura informale, da proporre agli allievi. L'allievo può così scoprire l'algoritmo per attraversare la strada, per sostituire una gomma forata, per raggiungere una certa località, ecc.; oppure può familiarizzarsi in modo più rigoroso con il linguaggio degli algoritmi creando per esempio procedure per sintetizzare immagini in opportuni contesti di programmazione (per es. LOGO, Turtlegraphics del Pascal, etc.).

Gradualmente, meglio se fin dai primi momenti, è possibile introdurre qualche elemento di top-down iniziando a vedere, per esempio, che l'operazione <sollevare l'automobile> può essere raffinata come una sequenza di operazioni più semplici: <mettere il crick> e <girare la manovella in senso orario>.

È molto importante, in questo primo approccio agli algoritmi, fornire all'allievo, quali uniche regole di composizione di un algoritmo, i tre costrutti classici di sequenza, selezione e iterazione in modo da incoraggiare fin dall'inizio una organizzazione strutturata del pensiero quale strumento di dominio della complessità.

Quanto allo strumento linguistico da utilizzare per la rappresentazione di sequenze di azioni è forse opportuno osservare che il flow-chart, anche se sempre meno utilizzato negli ambienti di sviluppo di software, ha un forte potere evocativo e si presta quindi molto bene in un contesto di prima formazione informatica.

Rappresentazione di cose

Mentre il punto precedente riguardava la struttura di una azione complessa, questo punto riguarda la struttura di oggetti complessi. Qui l'allievo non deve scoprire quali azioni elementari compiere ed in quale sequenza per raggiungere una certa finalità; bensì di quali parti e sottoparti si compone un oggetto dato. Come al punto precedente è opportuno fornire all'allievo esclusivamente i tre costrutti classici di composizione. La rappresentazione della struttura di un oggetto può esser fatta con varie modalità quali carte sintattiche, diagrammi di Jackson, grammatiche BNF. Per esempio lo studente potrà scoprire attraverso una successione più o meno lunga di tentativi che la struttura dell'oggetto «libro» è, a seconda del linguaggio utilizzato, una di quelle rappresentate in fig. 1.

Quale strumento linguistico sia il più appropriato a seconda del livello scolare e del tipo di casi trattati potrà essere oggetto di ricerca di sperimentazione.

Interazione di operazioni e di «cose»

È questo il caso più complesso e più interessante, non solo perchè unisce i due aspetti precedenti, ma anche perchè introduce un elemento nuovo. Il fatto cioè che la struttura logica di una data realtà non è unica; che per una stessa realtà si possono inventare strutture differenti a seconda delle differenti finalità che ci si propongono. Per esempio lo studente potrà scoprire che, dato un libro, l'algoritmo per «fotocopiare tutte le pagine in cui compare la parola Napoleone» richiederà un modello del libro del tipo di fig. 2.

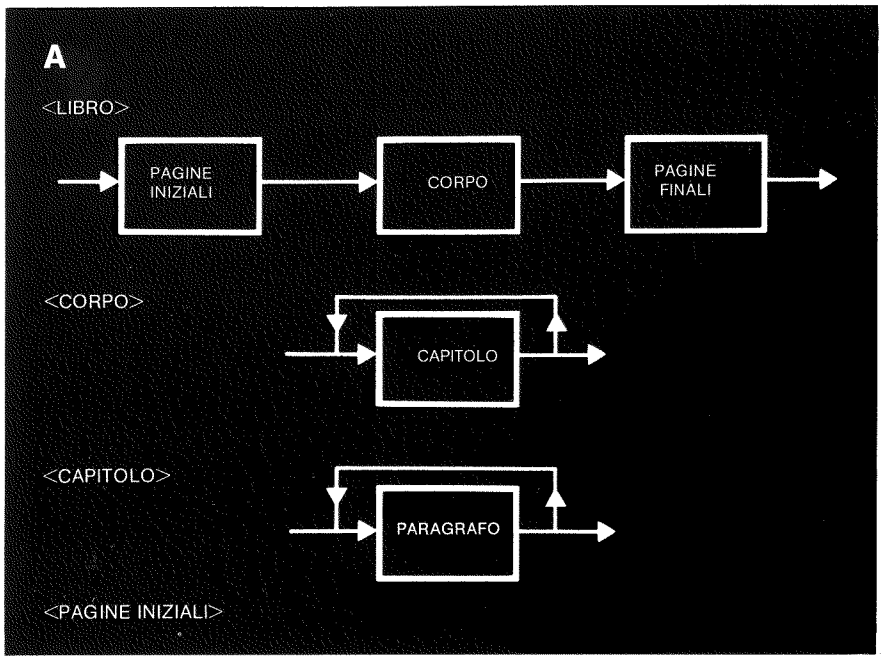
Invece l'algoritmo per «scoprire tutti gli errori di stampa di un libro specificando per ogni errore capitolo, paragrafo, pagina e numero di riga» richiederà un modello più complesso del tipo di quello rappresentato in fig. 3. Lo studente può così essere portato gradualmente a capire il valore strumentale dei modelli e ad acquisire la capacità di sintetizzare modelli del reale adeguati ai propri obiettivi.

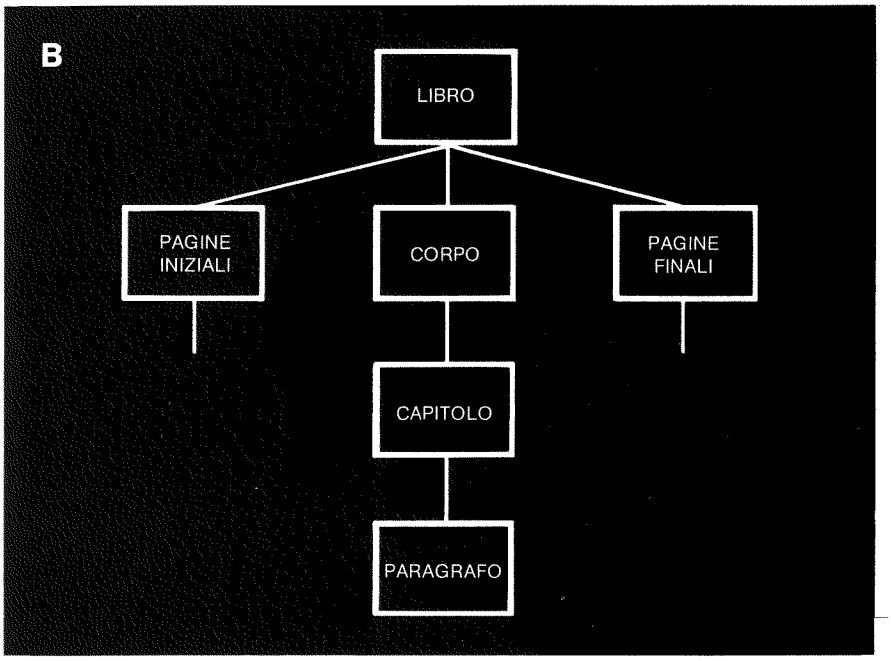
È interessante a questo proposito osservare l'esistenza di una forte analogia tra metodo algoritmico e metodo scientifico che sottolinea ulteriormente il valore formativo del metodo algoritmico.

L'atteggiamento algoritmico richiede la capacità di elaborare modelli di sistemi, di manipolare e modificare tali modelli per approssimare il comportamento dei sistemi reali, di passare continuamente dal sistema al modello (e viceversa) per controllare la corrispondenza reciproca e l'adeguatezza del secondo al primo. Analizzando con attenzione le varie componenti di questo atteggiamento si scopre che non è diverso, fondamentalmente, dall'atteggiamento assunto nella ricerca scientifica.

Esiste nella «interazione di operazione e di cose» ancora un aspetto estremamente interessante. Si tratta del fatto che in molte situazioni, esiste una unità intrinseca fra la struttura delle cose e quella delle operazioni che consente di ricavare in modo quasi automatico un algoritmo a partire dalla struttura dell'oggetto su cui esso opera. Se riconsideriamo il problema di «scoprire tutti gli errori di stampa di un libro...» e osserviamo il corrispondente algoritmo rap-

Fig. 1 - Metodi per la rappresentazione di «cose»: a) carte sintattiche; b) diagrammi di Jackson; c) grammatiche BNF.





C

<libro> : = <pag. iniziali> <corpo>
<pag. finale>

<corpo> : = <capitolo>/
<corpo> <capitolo>

<capitolo>: = <paragrafo>/
<capitolo> <paragrafo>

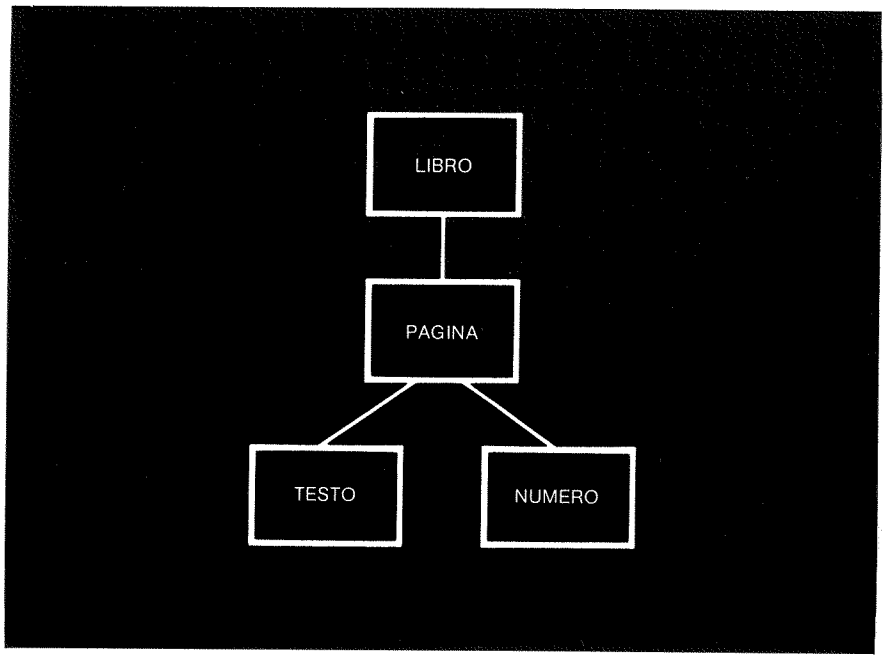


Fig. 2 - Valore relativo dei modelli.

apri il *libro* alla 1ª pagina
ripeti
leggi il *testo* della *pagina*
se parla di Napoleone
allora prendi nota del *numero*
considera la prossima *pagina*
finchè il libro è finito
fotocopia tutte le pagine annotate.

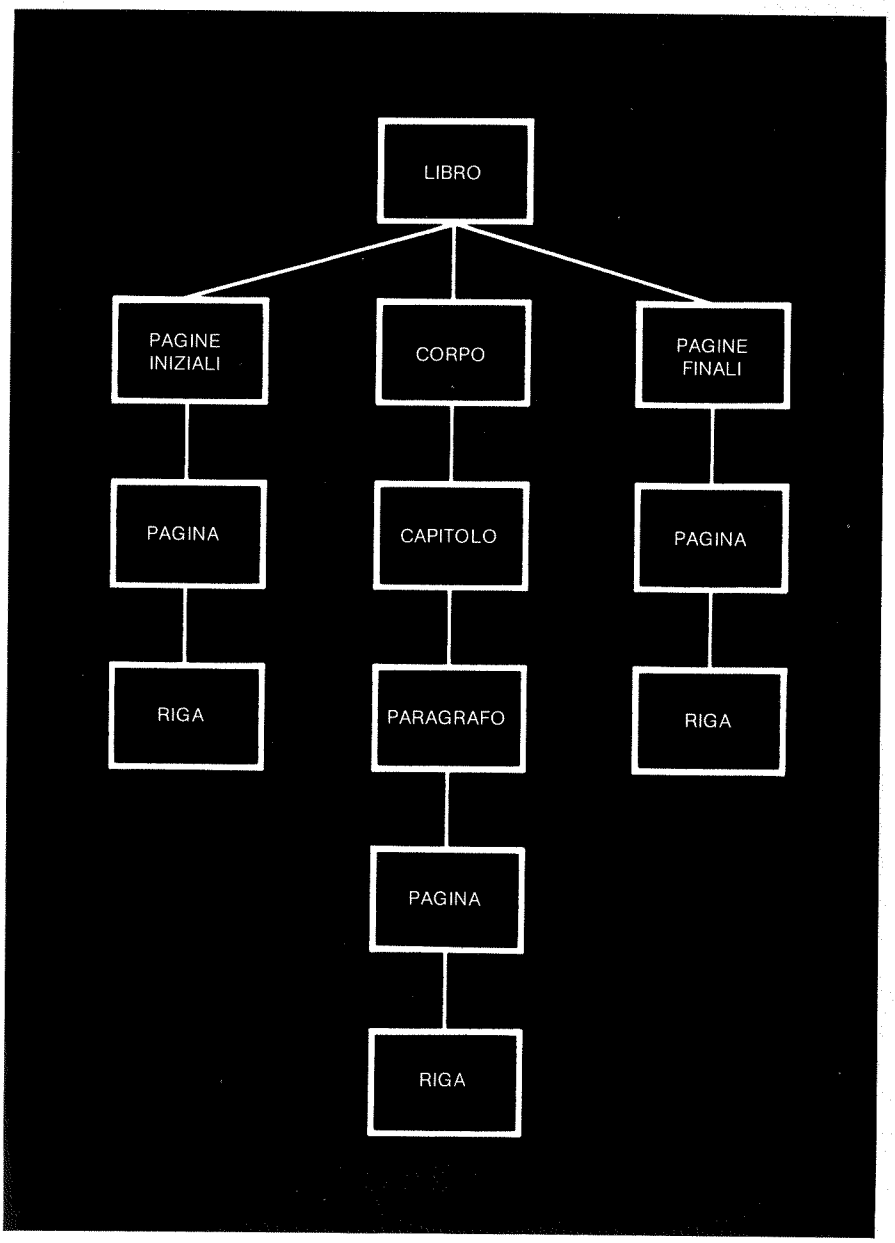


Fig. 3 - Valore relativo dei modelli.

cerca gli errori in *pagine iniziali* e annota
cerca gli errori in *corpo* e annotali
cerca gli errori in *pagine finali* e annotali
capitolo: = capitolo iniziale
ripeti
analizza *capitolo* e annota errori
capitolo: = prossimo capitolo
finché i capitoli sono esauriti
paragrafo: = primo paragrafo del capitolo
ripeti
analizza *paragrafo* e annota errori
paragrafo: = prossimo paragrafo
finché i paragrafi del capitolo sono esauriti.

presentato in fig. 3 possiamo notare che esiste una strettissima corrispondenza fra il dato e l'algoritmo. È quasi possibile affermare che i due sono uno stesso oggetto rappresentato in due forme differenti. L'algoritmo infatti ha mantenuto esattamente la stessa struttura di sequenze e di iterazioni.

È evidente come la comprensione di questo legame fra oggetti ed operazioni sugli oggetti rappresenti un ulteriore fattore di grande valore formativo soprattutto quando tale comprensione diventi un elemento operativo utilizzabile dall'allievo come guida nella costruzione di algoritmi. Il tipico campo di applicazione è quello delle elaborazioni non numeriche quali, per esempio, composizione di testi, analisi di testi, applicazioni nel settore della linguistica, etc.

3. Decomposizione gerarchica

La decomposizione gerarchica (o top-down come si dice in gergo informatico) è uno strumento concettuale fondamentale per consentire alla mente umana di affrontare e dominare situazioni complesse. Tale strumento è un fattore essenziale, oltre che in tutte le moderne metodologie di sviluppo di software, in tutti i campi dell'attività umana connessi con l'invenzione, la manipolazione e la comunicazione intorno a sistemi complessi.

Nel punto precedente si è già parlato esplicitamente di top-down a proposito della sua introduzione nella costruzione di sequenze di azioni. E se ne è parlato indirettamente a proposito dell'uso di sequenza, iterazione e selezione come uniche strutture di controllo; infatti l'uso esclusivo di queste strutture di controllo è strettamente legato allo sviluppo top-down degli algoritmi. Ed infine è stato utilizzato un approccio top-down per la costruzione delle strutture dei dati (vedi fig. 1). Il libro è infatti stato pensato prima come una sequenza di oggetti (pagine iniziali, corpo, pagine finali), poi l'oggetto corpo è stato raffinato come una iterazione di capitoli; successivamente ciascun capitolo è stato raffinato come una iterazione di paragrafi. Qualcosa del genere riteniamo dovrebbe verificarsi anche nella didattica: Il top-down dovrebbe essere come un connettivo ovunque presente, di cui non si parla mai esplicitamente, ma che viene naturalmente proposto come «il» metodo di procedere.

Chi ha scoperto l'uso del top-down nella programmazione, magari dopo aver lavorato per anni in modo non strutturato, può testimoniare del salto di qualità verificatosi nelle proprie capacità di programmazione; e può anche testimoniare del piacere estetico presente nell'invenzione di astrazioni via via più calzanti alla natura del problema e nella associata costruzione di soluzioni strutturate.

Ma chi ha lavorato per anni in modo non strutturato può anche testimoniare della difficoltà e dello sforzo richiesti per «perdere le vecchie abitudini ed acquistare le nuove». Mentre leggere un programma scritto in modo top-down è cosa facilissima che non richiede alcuna particolare preparazione, costruire un programma in modo top-down richiede invece un processo di formazione graduale che può aver luogo soltanto attraverso l'esperienza personale diretta. Per queste ragioni il top-down, come metodo generale di analisi/sintesi dovrebbe essere introdotto possibilmente in modo molto precoce. Probabilmente i benefici, anche in settori apparentemente lontani dall'informatica come l'espressione scritta in lingua italiana, non tenderanno a farsi sentire.

Per concludere è opportuno fare una precisazione sul ruolo del top-down nel processo mentale di analisi e sintesi. L'apprendimento avviene generalmente dal particolare al generale (bottom-up) e l'astrazione è un processo di costruzione graduale; non sembrerebbe quindi nè opportuno, nè possibile invertire i normali processi del pensiero imponendo un modo di procedere che è semplicemente l'opposto di quanto avviene naturalmente. Questa obiezione, che si verifica con una certa frequenza quando si parla di top-down è dovuta ad una interpretazione scorretta del ruolo del top-down ed è alimentata da quasi tutti i testi che presentano programmi scritti perfettamente in modo top-down senza mettere in luce il faticoso processo di costruzione e di sintesi che li ha originati.

La realtà è che il prodotto finale della attività di programmazione dovrebbe essere organizzato ineccepibilmente in modo top-down; e che per approssimare questo obiettivo è necessario un processo di pensiero che in genere non è di tipo top-down, o almeno lo è soltanto in parte.

Il programmatore o l'apprendista dovrebbe cioè creare una prima versione top-down di un programma con le astrazioni di cui è capace; strada facendo queste astrazioni si riveleranno insufficienti o perfettibili e questo porterà alla creazione di nuove astrazioni più potenti sulla base delle quali sarà necessaria una revisione o un completo rifacimento del lavoro già svolto. Si tratta quindi di un processo iterativo che si arresta soltanto quando viene raggiunta una soluzione del problema proposto che sia soddisfacente dal punto di vista della semplicità, della leggibilità e della efficienza.

4. Astrazione funzionale

Si parla di astrazione funzionale in tutti quei casi in cui un sistema complesso, reale, ancora da realizzare, o semplicemente immaginario, viene pensato come un sistema atomico o, se vogliamo, come una scatola nera con certi ingressi e certe uscite correlati fra loro attraverso la trasformazione effettuata dal sistema. In termini più matematici si tratta di pensare un sistema come una funzione matematica che stabilisce una corrispondenza fra un certo dominio (ingressi) e un certo codominio (uscite).

L'astrazione funzionale corrisponde ad una capacità di base ancora più a monte dello stesso atteggiamento algoritmico e si colloca addirittura tra le operazioni legate al conoscere stesso. Conoscere significa infatti identificare e discriminare. Identificare un individuo come tale oppure come appartenente ad una determinata classe, e discriminarlo da tutto ciò che non è o da tutto ciò a cui non

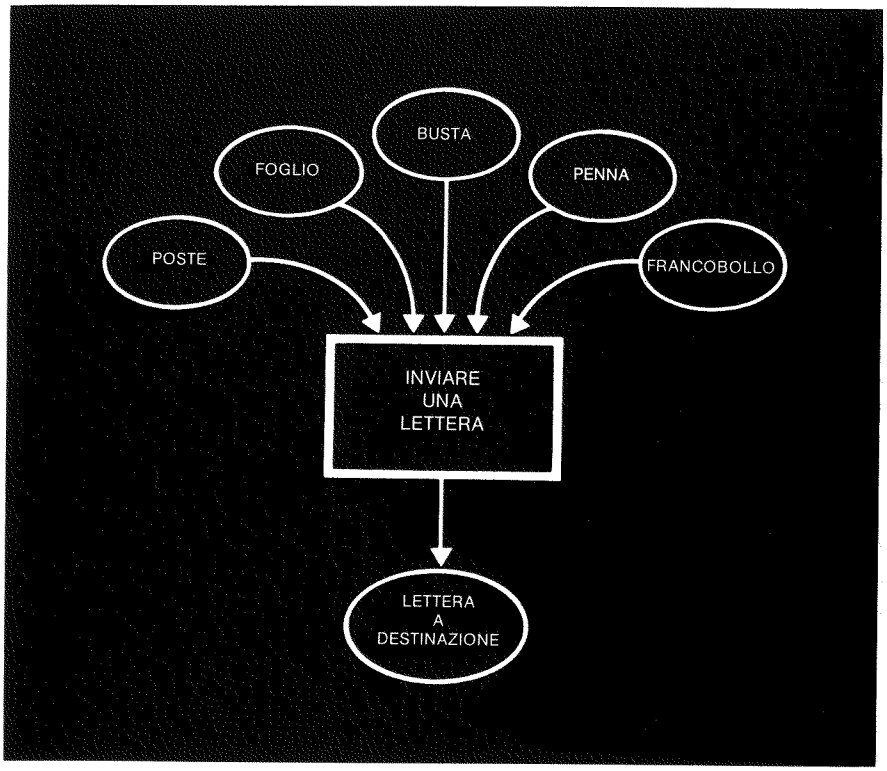


Fig. 4 - Un esempio di astrazione funzionale.

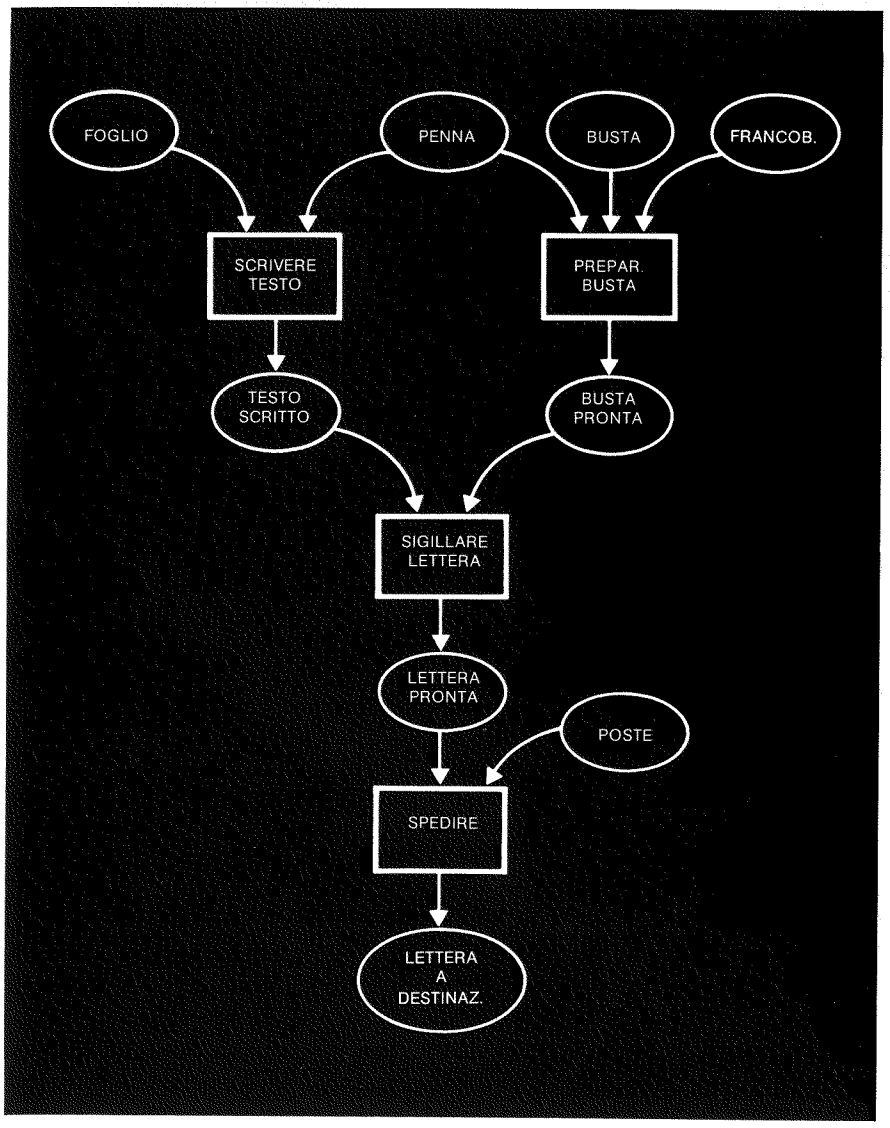


Fig. 5 - Un esempio di raffinamento funzionale.

appartiene. Ora l'identificazione e la discriminazione si attuano attraverso tutto un complesso di indizi, di segni, di collegamenti. Più esattamente: correlazioni. E la funzione matematica rappresenta lo strumento tipico della correlazione, secondo le regole schematizzate da Francis Bacon.

Si tratta di una capacità intellettuale fondamentale non soltanto in campo scientifico, ma in qualunque settore di attività. La capacità di astrazione funzionale significa, dal punto di vista progettuale, il saper pensare prima al «cosa» che al «come»; dal punto di vista dell'interpretazione del reale significa saper vedere in modo unitario e quindi capire sistemi complessi; e infine, dal punto di vista della comunicazione, significa saper descrivere sistemi complessi in modo semplice in base alle loro funzionalità e senza riferimento a come queste sono realizzate.

Anche la capacità di astrazione funzionale può essere acquisita gradualmente partendo da aspetti informali della vita quotidiana. Lo studente potrà esercitarsi a costruire modelli funzionali delle più svariate realtà. In fig. 4 per esempio è riportato il modello dell'attività «INVIARE UNA LETTERA» vista come scatola nera che ha come ingressi il sistema postale, un foglio, una busta, una penna e il francobollo e come uscita la lettera a destinazione.

IL costruire un modello di questo tipo per una data realtà può richiedere una buona dose di impegno specie per allievi in giovane età, non ancora abituati a questo tipo di analisi e di astrazione. L'esercizio è tuttavia appena incominciato. Infatti sposando il principio dell'astrazione funzionale con quello della decomposizione top-down è possibile pensare a una successione di raffinamenti funzionali.

Per esempio l'attività «INVIARE UNA LETTERA» potrà essere raffinata come mostrato in fig. 5. Come si vede l'attività (funzione) «INVIARE UNA LETTERA» è stata decomposta nelle quattro sottoattività (sottofunzioni) «SCRIVERE IL TESTO», «PREPARARE LA BUSTA», «SIGILLARE LA LETTERA» e «SPEDIRE». Ciascuna di esse ha i suoi ingressi e le sue uscite o, se vogliamo, consuma certe risorse e ne produce altre. E tutte quante cooperano allo svolgimento della attività «INVIARE UNA LETTERA».

L'esercizio potrebbe ancora continuare, per esempio, con l'ulteriore raffinamento di «PREPARARE LA BUSTA»; o il modello potrebbe essere perfezionato tenendo conto del fatto che l'indirizzo e il francobollo possono essere messi dopo che la busta è stata sigillata. Da questo semplicissimo esempio dovrebbe essere evidente la potenza del modello illustrato (che altro non è che una *Rete di Petri*). Esso ha il grande vantaggio, rispetto alla descrizione di tipo algoritmico, di mettere in luce solo la relazione di precedenza causale e non quelle di precedenza temporale. Per esempio il raffinamento di fig. 5 mette in luce il fatto che fra le attività «SCRIVERE IL TESTO» e «PREPARARE LA BUSTA» non vi è alcun legame di precedenza causale e quindi le due attività sono di fatto parallele e possono svolgersi in qualunque ordine. L'attività «SIGILLARE LA LETTERA» richiede invece risorse prodotte dalle due precedenti attività ed è quindi logicamente (e di conseguenza temporalmente) successiva ad esse.

Questo tipo di rappresentazione si presta assai bene quale strumento di comunicazione didattica per descrivere il comportamento di sistemi complessi, i più disparati (p. es. il sistema digerente, una fabbrica, la procedura di soluzione di un problema, etc.) ed è contemporaneamente uno strumento potente per studiare sistemi esistenti e sintetizzarne di nuovi sulla base delle loro funzionalità.

Questo tipo di rappresentazione da un punto di vista di applicazioni che coinvolgono l'uso dell'elaboratore si colloca a monte dell'approccio algoritmico. Esso è infatti uno strumento per definire l'architettura funzionale di un programma prima di predisporre gli algoritmi che realizzano quella architettura. Ed in particolare è uno strumento ideale per la esplicitazione delle interfacce fra i diversi componenti di un programma.

5. Conclusioni

Si può obiettare facilmente che gli atteggiamenti esposti erano già presenti e operanti prima dell'avvento dell'informatica. Certamente; ed è proprio per questo che l'informatica ha il valore che le attribuiamo: ha «costretto» chi vi lavora ad assumere questi atteggiamenti, a precisarli, a svilupparli fino a farli diventare abito mentale. Anche il ragionamento deduttivo esisteva prima della logica formale moderna, prima della geometria euclidea. Eppure nessuno nega che, attraverso il contributo di Aristotele, di Euclide e dei moderni, chi si occupa di logica formale oggi, abbia a disposizione uno strumento di grande rilievo sul piano formativo, prima ancora che sul piano strettamente tecnico.

Nel corso della esposizione si è calcato l'accento sul metodo, e gli esempi sono stati quasi tutti di tipo informale e si è forse data l'impressione che l'informatica si possa fare senza ricorrere all'uso di calcolatori. In realtà l'obiettivo era soltanto quello di mettere in luce che il metodo informatico si può applicare facilmente ad una grande varietà di attività umane e che fornisce uno strumento intellettuale potente anche al di fuori di temi di natura strettamente tecnica.

Nessuna sostituzione quindi dello elaboratore con carta e matita. L'elaboratore infatti, oltre ad essere elemento di controllo e di rigore, come già accennato nell'introduzione, introduce aspetti ludici e operativi, anche di tipo manuale, che è lecito ritenere contribuiscano in misura determinante alla efficacia del processo formativo.